



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Superior d'Agricultura de Barcelona

Anàlisi de la postcollita del tomàquet de Penjar: efecte de l'època de recol·lecció, els factors genètics i ambientals sobre la conservació del fruit

Treball final de grau

Enginyeria de Sistemes Biològics

Autor: Cristina Niang Rodríguez

Director: Joan Casals Missio

Tutor: Francesc Casañas Artigas

Data: 10 / novembre / 2014

Resum

El tomàquet (*Solanum Lycopersicum L.*), com la major part de fruits frescos, presenta una vida útil reduïda després de la collita degut al caràcter perible dels fruits, les lesions físiques i les malalties infeccioses que deterioren els fruits durant la postcollita. Diferents mutacions han estat descrites afectant la maduració dels fruits, entre les quals *nor*, *rin* i *a/c* són les més emprades en varietats comercials. El tomàquet de Penjar és una varietat tradicional catalana que presenta una llarga postcollita (superior als 6 mesos), degut principalment a la mutació genètica *a/c*. L'objectiu d'aquest estudi és analitzar els factors genètics i ambientals que intervenen en la conservació del tomàquet de Penjar. Per a realitzar aquest estudi es van seleccionar 51 genotips a l'atzar de tomàquet de Penjar i es van cultivar a la localitat de Rubí. Per estudiar l'efecte del moment de collita sobre la conservació es van fer tres collites al llarg del cicle de cultiu: juliol, agost i octubre. Durant 7 mesos de postcollita es va fer el seguiment de la conservació i la pèrdua de pes dels materials. Alhora es van estudiar un total de 9 caràcters morfològics i 4 relacionats amb la composició química per estudiar les correlacions genotípiques amb la conservació. Els resultats obtinguts ens mostren que l'època de collita té un efecte significatiu sobre la conservació. Els fruits collits a l'octubre presenten una conservació significativament inferior als collits al juliol i agost, mesos entre els quals no existeixen diferències significatives. Per exemple els fruits de les collites de juliol i agost presenten una mitjana de conservació als 5 mesos del 84 % i 82 %, respectivament, mentre que els de la collita d'octubre presenten una mitjana de conservació del 36%. L'estudi de correlacions entre les dades químiques i la conservació senyalen que el pH està positivament correlacionat amb la conservació ($r=0,841$, $p=0,001$, als 7 mesos de postcollita) i la duresa està negativament correlacionat amb la conservació ($r=-0,764$, $p=0,006$, als 2 mesos de postcollita). Referent a la morfologia del fruit un gran número de variables han presentat una correlació significativa amb la conservació, especialment als 5, 6 i 7 mesos de postcollita. Alguns caràcters com el gruix del pericarpi ($r=0,588$, $p=0,001$, als 7 mesos de postcollita), la protuberància a l'extrem distal ($r=0,419$, $p=0,015$, als 7 mesos de postcollita) i la forma de cor ($r=0,578$, $p=0,0004$, als 7 mesos de postcollita) expliquen una part important de la variació observada per la conservació entre els diferents genotips estudiats.

Referent al factor genotip, s'han detectat diferències significatives entre els materials assajats per la major part de caràcters. A nivell general podem afirmar que els genotips LC350, LC411 i LC42 presenten el millor comportament en postcollita. Aquest darrer genotip presenta una molt bona conservació (98% als 7 mesos) i una baixa pèrdua de pes (19,3% als 4 mesos). En cas de que el comportament agronòmic sigui satisfactori és un candidat a ser transferit als agricultors interessats en germoplasma seleccionat de tomàquet de Penjar.

Resumen

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.), como la mayor parte de frutos frescos, presenta una vida útil reducida después de su cosecha debido al carácter perecedero de los frutos, las lesiones físicas i las enfermedades infecciosas que deterioran los frutos durante la postcosecha. Diferentes mutaciones han sido descritas como influyentes en la maduración de los frutos, entre las cuales *nor*, *rin* y *alc* son utilizadas en variedades comerciales. El tomate de Penjar es una variedad tradicional catalana que presenta una larga vida en postcosecha (superior a los 6 meses), debido principalmente a la mutación genética *alc*. El objetivo de este estudio es analizar los factores genéticos y ambientales que intervienen en la conservación del tomate de Penjar. Para realizar este estudio se seleccionaron 51 genotipos al azar de tomate de Penjar y se cultivaron en la localidad de Rubí. Para estudiar el efecto del momento de cosecha sobre la conservación se realizaron tres cosechas a lo largo del ciclo de cultivo: julio, agosto y octubre. Durante 7 meses de postcosecha se realizó el seguimiento de la conservación y de la pérdida de peso de los materiales. Al mismo tiempo se estudiaron un total de 9 caracteres morfológicos y 4 relacionados con la composición química para estudiar las correlaciones genotípicas con la conservación. Los resultados obtenidos nos muestran que la época de cosecha tiene un efecto significativo sobre la conservación. Los frutos recogidos en octubre presentan una conservación significativamente inferior a los recolectados en julio y agosto, meses entre los cuales no existen diferencias significativas. Por ejemplo, los frutos de las cosechas de julio y agosto presentan una mediana de conservación a los 5 meses del 84% i 82%, respectivamente, mientras que los de la cosecha de octubre presentan una mediana de conservación del 36%. El estudio de correlaciones entre los datos químicos i la conservación indican que el pH está positivamente correlacionado con la conservación ($r=0,841$, $p=0,001$, a los 7 meses de postcosecha) i la dureza está negativamente correlacionada con la conservación ($r=-0,764$, $p=0,006$, a los 2 meses de postcosecha). Referente a la morfología del fruto, un gran número de variables han mostrado una correlación significativa con la conservación, especialmente a los 5, 6 y 7 meses de postcosecha. Algunos caracteres como el grosor del pericarpio ($r=0,588$, $p=0,001$, a los 7 meses de postcosecha), la protuberancia en el extremo distal ($r=0,419$, $p=0,015$, a los 7 meses de postcosecha) i la forma en corazón de los frutos ($r=0,578$, $p=0,0004$, a los 7

meses de postcosecha) explican una parte importante de la variación observada para la conservación entre los diferentes genotipos estudiados.

En referencia al factor genotipo, se han detectado diferencias significativas entre los materiales analizados para la mayor parte de caracteres. A nivel general podemos afirmar que los genotipos LC350, LC411 y LC42 presentan el mejor comportamiento en postcosecha. Este último genotipo presenta muy buena conservación (98% a los 7 meses) y una baja pérdida de peso (19,3 a los 4 meses). En caso de que el comportamiento agronómico sea satisfactorio, este genotipo es un candidato a ser transferido a los agricultores interesados en germoplasma seleccionado de tomate de Penjar.



Abstract

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) has a reduced shelf life after being harvested due to the perishable nature of the fruits, physical injuries and infectious diseases that deteriorate the fruits during postharvest. Different mutations have been described as influential in the ripening of tomato fruits, among them *nor*, *rin* and *alc* are used in commercial varieties. Penjar tomato is a landrace from Catalonia (NE Spain), which has a long shelf life (more than 6 months), due mainly to the presence of *alc*. The aim of this study is to analyze the genetic and environmental factors that are involved in the conservation of Penjar tomato. In order to do this 51 genotypes of Penjar tomato were randomly selected and cultivated in Rubí. To study the effect of the harvesting moment on shelf life, 3 harvests were performed during the crop cycle: July, August and October. During 7 months shelf life and weight loss was analyzed. In parallel 45 morphological traits and 4 traits related to the chemical composition were analyzed in the population, in order to study the genotypic correlation between those variables and shelf life. Results show that the harvesting moment has a significant effect on conservation. Fruits collected in October exhibit a significant lower conservation than ones collected in July and August, which do not exhibit any significant difference between them. For example, fruits of July and August harvests show an average shelf life at 5 months of 84% and 82%, respectively; while the ones from October harvest have an average shelf life of 36%. Analysis of correlations between chemical traits and shelf life show that pH ($r=0,841$, $p=0,001$, at 7 months of postharvest) and fruit hardness ($r=-0,764$, $p=0,006$, at 2 months of postharvest) are highly correlated with shelf life. With regard to fruit morphological traits, a large number of variables exhibited significant correlation with shelf life, especially in the 5th, 6th and 7th month of postharvest. Some traits like pericarp thickness ($r=0,588$, $p=0,001$, at 7 months of postharvest), distal end protrusion ($r=0,419$, $p=0,015$, at 7 months of postharvest) and the heart shape of the fruit ($r=0,578$, $p=0,0004$, at 7 months of postharvest) explain a significant portion of the variation observed among the genotypes for the shelf life.

In reference to the genotype factor, significant differences were detected among the materials studied for most of the characters. In general, we can say that LC350, LC411 and LC42 are the genotypes that exhibit the best behavior. The latter genotype (LC42) exhibits a good conservation (98% of the fruits at 7 months of postharvest) and a low weight loss (19,3% after 4 months). If agronomic performance of this genotype is correct,

it could be selected as a candidate to be transferred to the farmers interested in improved germplasm of Penjar tomato.



Sumari

1. INTRODUCCIÓ	9
1.1. Problemes en la postcollita del tomàquet	9
1.2. El tomàquet	10
1.2.1. Classificació taxonòmica.....	10
1.2.2. Origen i domesticació del tomàquet	11
1.2.3. Cultiu del tomàquet	12
1.3. La postcollita del tomàquet	13
1.3.1. Fisiologia de la postcollita. Factors biològics causants del deteriorament dels fruits.....	14
1.3.2. Factors que afecten a la conservació del tomàquet.....	16
1.4. Malalties infeccioses durant la postcollita	19
1.4.1. Alternariosi o floridura negra	20
1.4.2. Phytium.....	22
1.4.3. Podridures toves bacterianes	23
1.4.4. Podridura gris	24
1.4.5. Rhizopus.....	25
1.4.6. Podridura agria.....	26
1.4.7. Antracnosi.....	27
1.5. Mutants de la maduració	30
1.6. El tomàquet de Penjar.....	32
1.6.1. Característiques del tomàquet de Penjar	32
1.6.2. Efectes genètics i ambientals sobre la conservació del tomàquet de Penjar....	33
2. OBJECTIUS	34
3. MATERIALS I MÈTODES	35
3.1. Material vegetal	35
3.2. Disseny experimental.....	35
3.3. Caràcters avaluats.....	36
3.3.1. Conservació dels fruits.....	36
3.3.2. Pèrdua de pes dels fruits	37
3.3.3. Morfologia del fruit.....	37
3.4. Anàlisi estadística.....	40
4. RESULTATS I DISCUSSIÓ	41

4.1.	Efecte de l'època de collita sobre la conservació.....	41
4.2.	Caracterització del germoplasma estudiat pel comportament en postcollita.....	42
4.3.	Estudi de la pèrdua de pes dels fruits.....	46
4.4.	Estudi dels caràcters morfològics del fruit	48
4.5.	Correlació genotípica entre la morfologia del fruit, la composició química i la conservació	50
5.	CONCLUSIONS	54
6.	AGRAÏMENTS	56
7.	ÍNDIX DE FIGURES	57
8.	ÍNDIX DE TAULES	58
9.	BIBLIOGRAFIA	60

1. Introducció

1.1. Problemes en la postcollita del tomàquet

Actualment, les fruites, verdures i hortalisses fresques representen una gran part de l'alimentació i la seva producció té un gran impacte econòmic (Figura 1). La producció es veu afectada per les grans pèrdues d'aliments que es produeixen durant la postcollita. S'estima que aquestes pèrdues representen el 50% de la producció d'aliments frescos com ara els tomàquets (*Solanum lycopersicum* L.), plàtans (*Musa paradisiaca* L.) i cítrics (FAO, 1993).

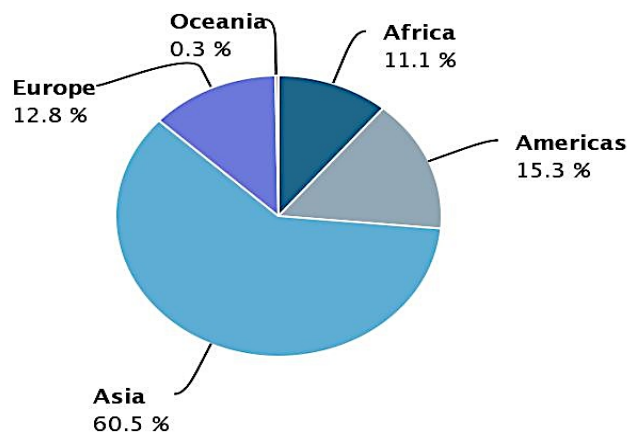


Figura 1. Distribució de la producció de tomàquets en els diferents continents l'any 2011 (producció total: 161.794.000 tones). (FAOSTAT, 2014).

Aquestes pèrdues es deuen al caràcter perible dels fruits. Els fruits són constituïts per teixits vius i la seva recol·lecció comporta una alteració en el seu metabolisme. La seva vida comercial en postcollita dependrà dels canvis fisiològics que es donen en el fruit, la velocitat en la que els fruits consumeixen les seves reserves, la velocitat en que perdin l'aigua que contenen i la incidència de patògens entre altres factors.

L'objectiu dels agricultors és reduir les pèrdues, ja sigui mitjançant la minimització dels danys produïts en els processos de collita, transport i conservació o amb el cultiu de

varietats que tinguin unes característiques genètiques que fan que els fruits presentin una vida útil més llarga (Nuez *et al.*, 1996).

1.2. El tomàquet

1.2.1. Classificació taxonòmica

El tomàquet pertany a la família de les *Solanaceae*, família a la qual pertanyen altres espècies de gran importància econòmica com la patata (*Solanum tuberosum* L.), els pebrots (*Capsicum spp.*), les albergínies (*Solanum melongena* L.) i el tabac (*Nicotiana tabacum* L.) (Mueller *et al.*, 2005)

Taxonomia:

Regne: Plantae

Divisió: Magnoliophyta

Classe: *Magnoliopsida*

Ordre: *Solanales*.

Família: *Solanaceae*.

Gènere: *Solanum*

Espècie: *Solanum lycopersicum* L.

(Figura 2).

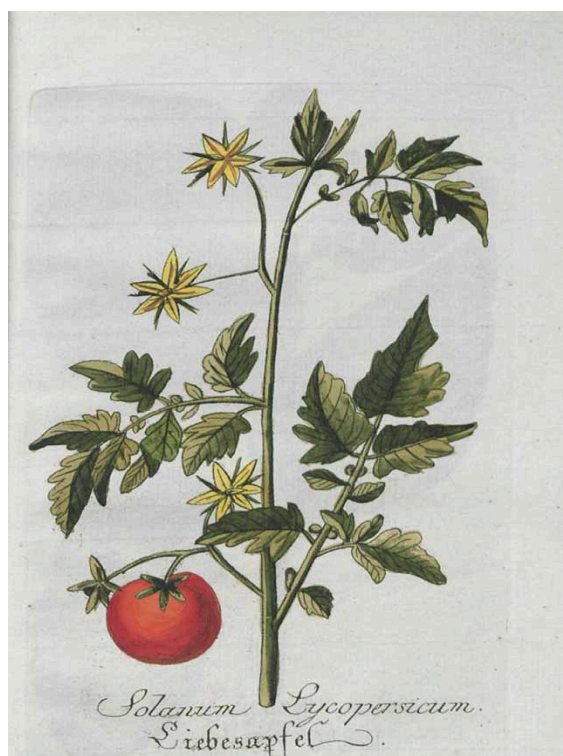


Figura 2. Representació gràfica de la planta de *Solanum lycopersicum* L. (PlantgenerA, 2014).

El seu nom prové de la llengua nàhuatl de Mèxic, lloc on es va donar la seva domesticació molt abans de l'arribada dels Europeus. Era anomenat "*Tomatl*", nom donat a totes les plantes que presentessin fruits globosos o en forma de baia amb moltes llavors i una polpa gelatinosa (Rodríguez *et al.*, 1997; Nuez, 1995). Durant la domesticació a Mèxic es va practicar una primera selecció artificial que afavoria les varietats que presentaven un major grau d'autogàmia i uns fruits més grans (Nuez *et al.*, 1996). En resum, la domesticació va comportar importants canvis morfològics i fisiològics en les espècies cultivades entre les quals la reducció de la base genètica, la modificació del sistema reproductiu i l'increment de la mida del fruit (Nuez *et al.*, 1996).

Degut a la gran capacitat d'adaptació a condicions climàtiques i edàfiques, el cultiu del tomàquet es va estendre a la resta del món. La introducció del seu cultiu a Europa es va produir al segle XVI. Tot i això, inicialment no va haver-hi una gran acceptació del tomàquet a Europa ja que es creia que totes les varietats del gènere *Solanum* eren tòxiques, degut a la seva relació amb l'espècie *Solanum dulcamara* L. (Heuvelink, 2005; Rodríguez *et al.*, 1989).

Posteriorment el tomàquet va ser exportat a Xina i al sud-est Asiàtic al segle XVII i posteriorment va ser introduït al Japó i a Nord Amèrica al segle XIX, on va començar la seva expansió com a producte per a l'alimentació (Nuez *et al.*, 1996; Heuvelink, 2005).

1.2.3. Cultiu del tomàquet

La tomaquera, originària de climes tropicals, és una planta perenne que necessita una temperatura càlida i una bona il·luminació (Gorini, 1999).

Els factors climàtics més rellevants que influencien cultiu del tomàquet són la radiació lumínica, la temperatura i la humitat relativa de l'aire (Rodríguez *et al.*, 1997). En el cas de la radiació, la tomaquera és insensible al fotoperíode. Aquest pot oscil·lar de 8 a 16 hores, és a dir, que durant el desenvolupament de la planta el temps d'incidència de llum es indiferent (Nuez, 1995). No obstant, durant l'etapa de maduració si és necessari tenir un control del temps d'il·luminació per tal d'aconseguir una maduració homogènia en tots els fruits (Rodríguez *et al.*, 1997).



Per norma general les temperatures òptimes estan relacionades amb la il·luminació, a major temperatura essent recomanable una major radiació. La tomaquera és una planta termo-periòdica, fet que fa que creixi millor quan la temperatura és variable, amb diferències tèrmiques de la nit al dia de 6 a 7°C. No obstant no pot suportar temperatures per sota dels 12 °C, ja que els seus fruits poden patir danys tèrmics (Nuez *et al.*, 1996; Rodriguez *et al.*, 1997). Segons l'etapa de desenvolupament de la planta aquesta té diferents necessitats de temperatura: durant la fase de creixement vegetatiu una temperatura elevada afavoreix el creixement foliar. Diversos autors enumeren temperatures ideals per a aquesta etapa d'entre 22 i 23 °C (Nuez, 1995; Rodriguez *et al.*, 1997). Les temperatures òptimes diürnes i nocturnes per aquesta fase són d'entre 24-25°C i 15-18°C, respectivament. La temperatura ideal per a la floració és de 21°C, a la qual s'assoleix un bon quallat del fruit (Rodriguez *et al.* 1997). Durant aquesta fase les altes temperatures provoquen un despreniment de la flor i una limitació en el quallat (Nuez, 1995; Gorini, 1999).

Referent a la humitat de l'aire, valors elevats o molt baixos redueixen la producció de fruits. És desitjable tenir una humitat del 70 al 80% degut a que si en tenim nivells superiors es pot afavorir la incidència de malalties criptògames i es redueix la viabilitat del pol·len. De totes maneres si ens trobem en nivells inferiors la taxa de transpiració augmenta, cosa que produeix estrès hídric, tancament estomàtic i reducció de la fotosíntesi (Nuez *et al.*, 1996).

Respecte al terreny, la tomaquera creix en una gran diversitat de sòls, tot i que és preferible que els sòls siguin profunds i frescos, amb un bon drenatge i no gaire compactes. Aquests sòls han de contenir gran quantitat de minerals i compostos orgànics, i tenir un pH d'entre 5 – 7 (Gorini, 1999).

1.3. La postcollita del tomàquet

Els fruits són constituïts per teixits vius que mantenen la seva activitat fisiològica després de la collita, és a dir, són òrgans vius i per tant continuen amb el seu metabolisme (Snowdon, 1990). La recol·lecció dels fruits comporta una alteració de les condicions naturals del seu desenvolupament, produint-se una supressió del transport d'aigua i dels

elements nutritius (Nuez *et al.*, 1996). L'emmagatzematge i conservació dels productes frescos després de la collita té efectes sobre el seu valor nutritiu ja que el seu contingut en matèria seca es redueix degut als processos fisiològics (FAO, 1993).

La gran part dels canvis que pateixen els fruits duran la postcollita, des del punt de vista comercial, són canvis negatius, però realment són canvis naturals i que no es poden remeiar, però si que es poden alentir. La significació d'aquests canvis dependrà de l'ambient i el genotip. De fet hi ha varietats de tomàquets que necessiten un temps de conservació per tal de ser millor apreciades (FAO, 1993).

En conclusió, a gran escala, aquests canvis devaluen la qualitat dels fruits i produeixen les conseqüents pèrdues de producció. El període de temps que es conservarà un material està influenciat pels factors biològics del fruit (el seu metabolisme intern) i pels danys físics i la incidència de patògens que es pugui produir durant el cultiu, al moment de collir els fruits i a la postcollita.

1.3.1. Fisiologia de la postcollita. Factors biològics causants del deteriorament dels fruits

Com podem veurem a continuació, els fruits són materials peribles i processos com la respiració, la transpiració i la producció d'etilè juguen un paper molt important en el temps de conservació.

1.3.1.1. Respiració

Entenem per respiració el conjunt de reaccions bioquímiques que es produeixen dins el fruit com a conseqüència de l'absorció d'oxigen i l'alliberament de diòxid de carboni. L'oxigen degrada els carbohidrats en aigua i diòxid de carboni per a la planta, alliberant energia en forma de calor. La taxa de respiració ve regida pel desenvolupament fisiològic de l'òrgan vegetal. Un cop recol·lectats, els fruits no poden seguir absorbint aigua ni hidrats de carboni amb el que comencen a fer servir els carbohidrats de reserva per dur a terme la respiració. Un cop les substàncies de reserva s'han esgotat, la respiració s'atura donant pas al procés d'envelliment, que provoca la mort dels teixits i senescència del fruit (Snowdon, 1990).



En el procés és necessària la disponibilitat d'aire ja que aquest conté oxigen, element essencial en la respiració. Quan la concentració d'oxigen disminueix, el diòxid de carboni s'acumula al voltant dels fruits causant una descomposició interna, aturament de la maduració i desenvolupament d'aromes desagradables. En aquesta situació, el fruit substitueix el procés de la respiració per la fermentació, descomponent els sucres en alcohol i diòxid de carboni, la qual cosa confereix als fruits un sabor desagradable i promou la descomposició prematura del fruit (FAO, 1993).

1.3.1.2. Transpiració

Essent una de les principals causants de pèrdues en postcolita, el procés de la transpiració està regulat pels estomes, els quals estan situats a la cutícula dels fruits, que permeten el flux d'aigua i gasos entre el fruit i l'atmosfera.

Aquest procés es produeix quan hi ha un desequilibri entre la pressió de vapor d'aigua de l'entorn i del fruit. Aquest té tendència a transferir l'aigua interna a l'atmosfera provocant així la pèrdua d'aigua del fruit, la pèrdua de turgència i el marciment, degut a que no pot recuperar l'aigua perduda. Els tomàquets posseeixen un contingut del 95% en aigua i deixen de ser aptes per a la comercialització quan perden un 7% del seu pes (FAO, 1993; Nuez, 1995).

La taxa de transpiració ve donada per factors morfològics (com ara la mida i el volum de superfície en contacte amb l'aire), l'estat de maduresa i els danys externs que pugui patir. També per factors abiòtics com ara la temperatura, la humitat, la ventilació i la pressió atmosfèrica (Kader, 1992; FAO, 1993).

Durant la postcollita és necessari assegurar una correcta ventilació dels fruits per tal d'evitar els efectes negatius d'una concentració massa elevada de diòxid de carboni. De totes maneres la velocitat de renovació d'aquest aire pot afectar negativament al procés de la transpiració, ja que a major velocitat d'aire al voltant dels fruits major és la pèrdua d'aigua d'aquests (Kader, 1992; FAO, 1993).

1.3.1.3. La maduració

La maduració és un procés biològic complex que provoca canvis en la pigmentació dels fruits, la textura i les característiques organolèptiques (Dylan K. Kosma *et al.*, 2010).

La maduresa fisiològica representa el moment en el que els fruits estan suficientment madurs per a ser collits. Molts fruits són collits en etapes prèvies al punt de maduració comercial. Hem de tenir en compte que molts fruits són comercialitzats en zones molt llunyanes de l'àrea de producció, i per aquest motiu es cullen abans de que arribin a la seva maduresa per a permetre un bon maneig, emmagatzematge i transport d'aquests (FAO,1993). Quan ens referim a maduració fisiològica estem fent referència al moment en el que els fruits han assolit els seu desenvolupament i les característiques que els fan que posseeixin la qualitat per a ser aptes per al consum, ja sigui desenvolupament de l'aroma, la composició en sucres i la textura d'entre altres. Un cop els fruits són madurs, comencen els canvis fisiològics que duren a terme la deterioració dels fruits (Snowdon, 1990).

Durant la maduració dels fruits climatèrics, com és el cas dels tomàquets, aquests presenten un sobtat increment en la producció d'etilè després de ser collits, provocant una maduració ràpida i sobtada (Snowdon, 1990; FAO, 1993).

1.3.2. Factors que afecten a la conservació del tomàquet

1.3.2.1. Factors relacionats amb el cultiu

La qualitat i l'estat dels fruits frescos no es pot millorar un cop han sigut collits. Per tant el valor final del fruit depèn de les decisions que pren l'agricultor sobre el material vegetal que es planta, l'època de sembra, les tècniques de cultiu i collita (Snowdon, 1990). Alguns dels factors relacionats amb el cultiu es discuteixen a continuació.

1.3.2.1.1 Material vegetal

Hi ha una gran diversitat de varietats de tomàquet, les quals no totes s'adapten d'igual manera al sòl i als factors ambientals. És fonamental cultivar varietats que s'adeqüin bé al clima de la zona i al sòl per tal de poder obtenir una bona producció i un bon comportament en postcollita (Snowdon, 1990). Alhora, algunes varietats presenten mutacions que allarguen la vida útil del fruit, les més emprades a nivell comercial essent non ripening (*nor*), ripening inhibidor (*rin*) i alcobaça (*alc*). L'efecte d'aquestes mutacions sobre la postcollita es discuteix més endavant en aquest treball.



Ahora, és indispensable controlar la higiene de la llavor de sembra. Cal tenir present que hi ha fongs i bacteris que són persistents a les llavors i als planters, i poden desenvolupar-se durant el cultiu o en la postcollita i fer malbé els fruits (Snowdon, 1990).

1.3.2.1.2 Maneig dels cultius

La densitat de plantació, orientació dels cultius, ombrejat, irrigació, aplicació de fertilitzants i altres tècniques de cultiu tenen influència en el comportament en postcollita.

El subministrament continu d'aigua és necessari per a que les plantes puguin dur a terme la respiració i la transpiració. El dèficit hídric comporta grans problemes en el creixement del fruit. La disminució del potencial hídric afecta a l'expansió i divisió cel·lular en els fruits, donant lloc a fruits amb mides reduïdes (Nuez, 1995). Un cop el fruit creix i madura, la deficiència hídrica produeix reduccions en l'acumulació d'aigua en el fruit, obtenint fruits amb menor pes però amb major contingut en sòlids solubles (Nuez, 1995).

Segons Conesa *et al.* (2014) en algunes varietats de tomàquet, una alta disposició d'aigua en el cultiu dona lloc a fruits de mida més gran. Aquest fet podria fomentar una major degradació del fruit durant la postcollita. A més, s'ha comprovat que el dèficit d'aigua en cultius de tomàquet de penjar confereix als fruits major resistència a patògens degut a la producció de metabòlits i enzims antibacterians.

1.3.2.1.3 Fertilització

Els danys nutricionals tenen origen en el cultiu i s'originen per una desequilibri de nutrients en l'etapa de desenvolupament del fruit. Aquests es poden produir per una escassetat del nutrient en el sòl o que el nutrient es trobés en grans quantitats però que la planta no sigui capaç de distribuir-lo als seus òrgans. Un exemple el trobem en la deficiència de calci, la qual provoca la necrosi apical (blossom end rot). El calci enforteix les parets cel·lulars i les membranes fent que els teixits no es col·lapsin i ennegreixin. Un altre nutrient molt important és el potassi, la seva absència crea petites taques necroses en els teixits externs (Snowdon, 1990). Ambdues deficiències poden provocar importants pèrdues durant la postcollita. Per controlar aquestes deficiències és necessària l'aplicació de fertilitzants i realitzar una bona gestió del contingut d'aigua del sòl, ja que aquesta influeix en l'absorció dels nutrients per les plantes (Snowdon, 1990).

1.3.2.2. Factors relacionats amb la collita

1.3.2.2.1 Lesions físiques

Les lesions físiques són una de les principals causes del deteriorament dels fruits (Kader, 1992). Una incorrecta manipulació durant el moment de la collita pot afectar a la capacitat de conservació durant la postcollita. Aquestes lesions poden ser produïdes pel clima, els insectes, les eines de recol·lecció i l'ésser humà. Durant el cultiu o la collita es poden crear talls, cops, esquerdes i afectacions a la pell del fruit, les quals augmenten la pèrdua d'aigua i acceleren els processos fisiològics. Alhora, els danys físics poden propiciar una major susceptibilitat a la infecció per patògens (FAO, 1993, Kader, 1992).

1.3.2.3. Factors relacionats amb la postcollita

Durant la postcollita dels fruits, aquests poden patir deteriorament fisiològic i físic.

1.3.2.3.1 Deteriorament fisiològic

El deteriorament fisiològic es veu afectat per l'exposició dels fruits a temperatures indesitjables. La temperatura és el factor ambiental que major conseqüències té sobre la postcollita, principalment perquè afecta a la taxa de respiració dels fruits, a part de crear lesions a l'epidermis en condicions de baixa temperatura (Kader, 1992).

El dany per fred es dona quan els fruits són exposats a temperatures baixes d'entre 5 a 15 °C. Quan els fruits són trets d'aquest rang de temperatures els teixits interns s'obscurixen, apareixen petits enfonsaments a la superfície del fruit i també es produeix l'alliberació de l'aigua dels teixits a determinades zones (Kader, 1992; Snowdon, 1990).

I per últim tenim els danys per temperatures elevades. Aquest dany es dona quan exposem els fruits emmagatzemats a altes temperatures. Com a conseqüència apareixen taques de color clar, cremades a la pell, una maduració heterogènia, un estovament excessiu i pèrdua d'aigua (Kader, 1992; Snowdon, 1990).

La humitat relativa i composició de l'atmosfera durant la postcollita també són dos factors molt importants que afecten al deteriorament fisiològic. Per a maximitzar la conservació

dels fruits en postcollita es necessita una humitat elevada ja que així evitem la dessecació. El valor òptim es trobaria entre el 90 - 95% d'humitat (Suslow *et al.*, 1992), és a dir en valors iguals que els que trobem a l'interior dels fruits. Com hem comentat abans, el tomàquet conté una gran quantitat d'aigua (95%, aproximadament), per la qual cosa si hi ha un diferencial d'humitat entre el fruit i l'aire, el fruit té tendència a transferir l'aigua interna a l'atmosfera (Kader 1992).

L'ús d'atmosfera controlada presenta grans beneficis per a la postcollita del tomàquet. Els nivells controlats d'oxigen alenteixen la maduració i el desenvolupament de fongs a la superfície dels fruits sense tenir cap efecte sobre la qualitat sensorial d'aquests. En les atmosferes controlades es sol emprar una composició tipus: 4% O₂ + 5% + 3% CO₂ (Suslow *et al.*, 1992; Kader, 1992).

1.3.2.3.2 Deteriorament físic

Un altre tipus de deteriorament és el deteriorament físic. Els fruits són molt fràgils i han de ser tractats amb cura per tal de no provocar cap dany físic que pugui disminuir la seva qualitat. Les pràctiques de recol·lecció poc acurades, la col·locació d'un nombre excessiu de fruits en caixes per al seu transport i utilització de caixes en mal estat provoquen les següents lesions als fruits: esquerdes dels fruits, cops interns, talls a la superfície de la pell i a la capa exterior de les cèl·lules i aixafament dels fruits (FAO, 1993). Aquestes lesions, si travessen la pell del fruit creen punts d'accés per a patògens, els quals infecten el fruit i el descomponen. També creen una via d'alliberació de l'aigua interna.

Per últim, els cops que ocasionen lesions internes poden provocar un augment de la taxa respiratòria i producció de calor, decoloracions internes i sabors desagradables degut a les reaccions fisiològiques anormals en les parts afectades (FAO, 1993).

1.4. Malalties infeccioses durant la postcollita

Un altre pilar fonamental en el deteriorament dels fruits és la infecció per patògens. La infecció per fongs o bacteris es pot donar durant el cultiu, la collita o durant la postcollita. Tot i que les plantes tenen la capacitat natural de combatre les infeccions, hi ha fongs que poden introduir-se per la cutícula dels fruits encara que no s'hi observi cap

imperfecció. Quan els fruits presenten talls o obertures naturals, els fongs i bacteris s'hi introdueixen amb molta més facilitat (FAO, 1993; Snowdon, 1990).

Les malalties són una font important de pèrdues durant la postcollita. Les infeccions més comuns en tomàquet són causades per fongs, entre els quals destaquen *Alternaria* (podridura negra), *Botrytis* (podridura gris), *Geotrichum* (podridura agria) y *Rhizopus* (podridura cotonera). Un altre patogen que té una gran presència durant la postcollita del tomàquet és el bacteri *Erwinia spp.* (podridura tova) (Suslow et al., 1992; Snowdon, 1990).

A continuació explicarem els símptomes i mètodes de control per a prevenir les infeccions més corrents.

1.4.1. Alternariosi o floridura negra

Agent patogen: *Alternaria alternata*.

Aquest fong es troba a l'aire i al sòl, i infecta els fruits a través dels teixits morts, ferides per insectes, esquerdes, mitjançant els teixits debilitats per cremades a la pell, afectacions pel fred, podridura apical o una sobre-maduració (Snowdon, 1990; Jones et al., 2001).

Símptomes

Les lesions (Figura 4) causades per aquest fong es troben generalment situades a la ferida del pedicel o per contrari a l'extrem distal del fruit. El teixit afectat és ferm, sec i amb una coloració negra. Des de les cavitats internes del fruit es formen floridures de color gris fosc i si el fruit es troba en condicions d'elevada humitat es formen conidis a la superfície exterior del fruit, on podem trobar les espores de color verd fosc a negre (Snowdon, 1990; Jones et al., 2001).



Figura 4. Lesions produïdes per *Alternaria alternata* en els fruits
(Snowdon, 1990).

Les lesions causades per aquest fong es troben generalment situades a la ferida del pedicel o per contrari a l'extrem distal del fruit. El teixit afectat és ferm, sec i amb una coloració negra. Des de les cavitats internes del fruit es formen floridures de color gris fosc i si el fruit es troba en condicions d'elevada humitat es formen conidis a la superfície exterior del fruit, on podem trobar les espores de color verd fosc a negre (Snowdon, 1990; Jones *et al.*, 2001).

Control

La mesura de control més important per a aquesta infecció és mantenir una temperatura de conservació baixa. Per altra banda l'ús correcte dels fertilitzants i una bona irrigació és essencial per reduir la possibilitat de que els fruits pressentint esquerdes a la cutícula i altres afectacions com la necrosi apical. Una altra forma d'evitar el desenvolupament del fong és sotmetre els fruits a un bany amb fungicides (Snowdon, 1990; Jones *et al.*, 2001).

1.4.2. Pythium

Agent patogen: *Pythium spp.*, més concretament *Pythium aphanidermatum*, *P. Butleri* i *P. Ultimum*.

Aquests fongs habiten generalment els sòls i es reproduïxen mitjançant espores o esporangis que donaran lloc a zoòspores. Els fruits madurs que es troben més pròxims al sòl s'infecten mitjançant la penetració de les zoòspores per la cutícula en condicions de clima humit i càlid (Snowdon, 1990; Jones *et al.* 2001).

Síntomes

Es produeix una lesió (Figura 5) als fruits que estova el pericarpí, alliberant l'aigua dels teixits i creant una taca remullada internament que s'expandeix ràpidament per tot el fruit (Figura 5) (Snowdon, 1990; Jones *et al.* 2001).



Figura 5. Lesions produïdes als fruits per *Pythium spp.*
(Snowdon, 1990).

Control

És necessari prevenir el contacte entre els fruits i sòl, cobrint el terra amb malles o alçant les plantes (Snowdon, 1990; Jones *et al.*, 2001).

1.4.3. Podridures toves bacterianes

Agent patogen: *Erwinia carotovora*, *Pseudomona aeruginosa*, *P. Marginalis*, *P. Viridiflava* i *Xanthomonas campestris*.

Aquestes bactèries es troben als sòls i a les restes vegetals i són disseminades pel vent, la pluja, els insectes i els humans. Les infeccions es donen quan els fruits presenten esquerdes a l'epidermis o a través de la cicatriu del peduncle (Snowdon, 1990; Jones *et al.*, 2001).

Síntomes



Figura 6. Lesions provocades al fruit pel bacteri *Erwinia carotovora* ssp. (Pestinfo, 2014).

Les lesions (Figura 6) tenen una textura tova, i provoquen un enfonsament dels teixits i un aspecte aquós. Es podreixen amb rapidesa i sovint es trenca la pell del fruit per on surt el líquid intern. Aquesta infecció desprèn una olor forta a putrefacció (Snowdon, 1990).

Control

És recomanable una manipulació acurada dels fruits en el moment de la collita, el transport i la postcollita, per minimitzar els danys físics. Alhora es recomana evitar extreure el peduncle per limitar la via d'accés del fong a través d'aquesta part del fruit. Si els fruits són rentats durant la postcollita, és necessari mantenir una estricta higiene i fer-ho preferiblement amb aigua clorada (Snowdon, 1990; Jones *et al.*, 2001).

1.4.4. Podridura gris

Agent patogen: *Botrytis cinerea* Pers.

Aquests fong es troba al sòl i a les restes vegetals infectades que romanen al sòl. Infecta els fruits a través de ferides provocades a la pell, on creixen i provoquen malformacions a (Snowdon, 1990; Jones *et al.*, 2001)

Síntomes

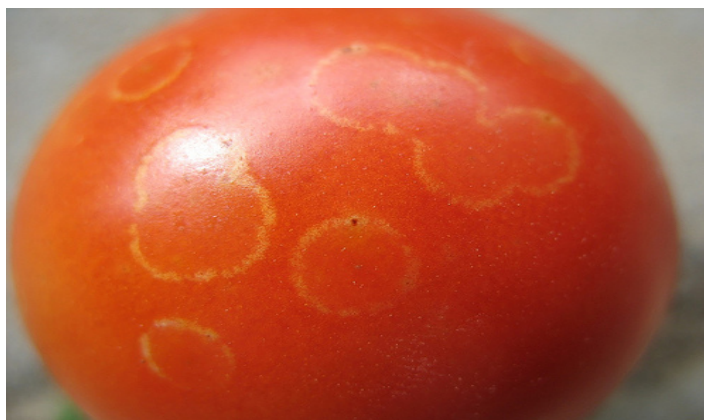


Figura 7. Afectacions a la pell creades per *Botrytis* (Imgarcade, 2014).

Aquesta malaltia és identificable per l'aparició d'halos circulars de color clar i textura rugosa (Figura 7). La podridura gris afecta a qualsevol part de la superfície del fruit, i en fase avançades el teixit adquireix un color marronós i aspecte aquós (Snowdon, 1990; Jones *et al.*, 2001).

Control

En cas de detectar la presència d'aquest patogen és recomanable l'ús de tractaments fungicides durant la postcollita (Snowdon, 1990; Jones *et al.*, 2001).

1.4.5. Rhizopus

Agent patogen: *Rhizopus oryzae* i *Rhizopus stolonifer*.

Les infeccions per fongs del gènere *Rhizopus* es donen per ferides als fruits causades per un mal maneig. Quan els fruits tenen una lesió, els insectes dipositen els seus ous als fruits transmetent alhora el fong (Snowdon, 1990).

Síntomes



Figura 8. Miceli blanc originat per *Rhizopus* (Imgarcade, 2014).

Es formen lesions toves amb aspecte aquós pel trencament dels teixits, sense cap decoloració (Figura 8). La pell es sol trencar donant lloc a l'alliberament del líquid intern dels fruits. Posteriorment es produeix una fermentació externa, la qual allibera una olor a putrefacció semblant al de les podridures toves bacterianes. Finalment es forma un gran miceli de color blanc a la superfície del fruit (Snowdon, 1990; Jones *et al.*, 2001).

Control

Per prevenir les infeccions és necessària la destrucció dels fruits que presenten alguna ferida a la superfície. També és necessari un control sobre la higiene de l'espai on es

realitza la postcollita. Alhora es poden fer tractaments, com ara banys amb aigua calenta, irradiació, aplicació de fungicides o encerar els fruits (Snowdon, 1990; Jones *et al.*, 2001).

1.4.6. Podridura agria

Agent patogen: *Geotrichum candidum*

La infecció és dóna, principalment, mitjançant el transport d'espores per insectes. Aquests van als fruits que presenten ferides i dipositen les espores que posteriorment es poden traspasar als fruits sans per simple contacte (Snowdon, 1990).

Síntomes



Figura 9. Lesió del fruit causada per *Geotrichum*
(Snowdon, 1990).

Les lesions apareixen a la zona del peduncle o en ferides a l'epidermis (Figura 9). Tenen un aspecte aquós i pàl·lid. Aquesta infecció allibera generalment una olor agria (Snowdon, 1990).

Control

Per limitar la incidència d'aquest patogen és important controlar la interacció d'insectes amb els fruits, així com reduir els danys físics que es puguin causar durant la collita (Snowdon, 1990).

1.4.7. Antracnosi

Agent patogen: *Colletotrichum spp.*

Aquesta malaltia pot esser causada per qualsevol de les espècies del gènere *Colletotrichum*, però les que afecten més al tomàquet són les espècies *C. coccodes* i *C. dematium*.

El mecanisme d'acció d'aquest fong és envair els teixits dels fruits sans quan es troben immadurs. Després el fong roman en estat de latència fins que el fruit assoleix la maduresa.

Síntomes

Els símptomes són apreciables en fruits madurs. Les lesions observades inicialment són taques toves de forma circular que després s'obscurixen, s'enfonsen i es cobreixen d'un conidi de color rosa- salmó (Figura 10).

L'espècie *C. Coccodes* forma petits esclerocis en el teixit intern del centre de la lesió (Snowdon, 1990; Jones *et al.*, 2001).

Control

És necessària l'eliminació de les restes vegetals del sòl durant el cultiu, donat que són una font important d'inòcul. Alhora es recomana l'aplicació de fungicides a les llavors i les plantes durant el cicle de cultiu.



Figura 10. Lesions causades per *Colleotrichum spp.*
(Aaromatica. 2014).

A la Taula 1 es fa un breu resum d'altres malalties que poden afectar el tomàquet durant la postcollita.

Taula 1. Llista d'altres infeccions que poden afectar el tomàquet durant la postcollita (elaboració pròpia a partir de Snowdon (1990) i Jones *et al.* (2001).

AGENT PATOGEN	Principals símptomes
<i>Clavibacter michiganensis</i>	Es formen petites crostes a la pell del fruit de color marró i vorejades amb un halo blanc.
<i>Cladosporium spp.</i> i <i>Fulvia fulva</i>	Formació de lesions circulars enfonsades de color negre amb la vora marró.
<i>Alternaria solani</i>	Lesions que solen aparèixer a la zona del peduncle del fruit. Taques de color marró fosc amb marques concèntriques que s'enfonsen i s'endureixen.
<i>Fusarium sp.</i>	La zona afectada està generalment enfonsada, i presenta un aspecte aquós, degut a l'alliberació d'aigua dels teixits interns.

Pleospora herbarum Apareixen les lesions a la ferida del peduncle o a ferides de la cutícula. Són lesions de color marró-negre, amb un aspecte similar a les lesions provocades per *Alternaria solani*.

Phytophthora infestans L'àrea afectada presenta una textura dura, bonys i taques de coloració marronosa sense cap marge definit.

Phoma destructiva Aparició de taques de mida gran enfonsades i de color negre a la superfície del fruit.

Phytophthora sp. Apareixen taques de color marronós, amb textura aquosa, que posteriorment formaran anells concèntrics.

Trichothecium roseum Lesions a la zona distal del fruit, presentant un teixit aquós i una podridura de color rosa.

Alteria rolfsii Les àrees afectades s'enfonsen i presenten decoloració. Sovint apareixen talls a la pell d'aquestes zones i es desenvolupa una floridura d'aspecte sedós de color blanc.

1.5. Mutants de la maduració

És important controlar la maduració dels fruits peribles ja que les pèrdues són molt importants en producció i els tomàquets tenen una conservació reduïda. Dins l'espècie *Solanum lycopersicum* L. existeixen algunes mutacions que bloquegen o allarguen el procés de maduració dels fruits, conferint als fruits una llarga vida útil després de la collita (Nuez, 1995). Aquesta característica ve donada per unes mutacions en els gens que controlen la maduració dels fruits, les més conegudes essent *rin* (ripening – inhibidor), *nor* (non - ripening) i *alc* (alcobaça) (Taula 2) (Conesa *et al.*, 2014). RIN codifica un factor de transcripció de la MADS-box per a la regulació de la síntesi d'etilè, mitjançant l'activació transcripcional dels gens biosintetitzadors d'etilè. NOR codifica un factor de transcripció de la non-MADS-box que pot estar involucrat en la regulació de l'expressió del gen RIN (Kosma *et al.* 2010). Les mutacions *nor* i *alc* són al·lèliques.

Els fruits amb les mutacions *rin* i *nor* no presenten una producció d'etilè normal i no maduren com a resposta a la aplicació d'etilè. Una altra característica dels fruits amb aquestes mutacions és que els fruits no presenten l'estovament que sol ser observat en fruits frescos normals (Kosma *et al.* 2010; Razdan *et al.*, 2007).

Els fruits que presenten les mutacions *rin*, *nor* i *alc* presenten un patró de producció de cera una mica diferent als fruits normals. A cada etapa del desenvolupament del fruit les cutícules dels mutants contenen major concentració d'àcid octadecanoic (C18) a la cutícula, patint un augment de la concentració d'aquets monòmer en les primeres etapes de desenvolupament del fruit. Els fruits que presenten la mutació *alc* contenen nivells intermedis de cera en comparació amb *nor* i *rin*. Aquest fet implica que la producció de cera a la cutícula es veu menys modificada, provocant una maduració menys retardada en aquests fruits (Kosma *et al.*, 2010).

Taula 2. . Mutacions emprades per allargar la vida postcollita del tomàquet i els seus efectes sobre els fruits (Razdan *et al.*, 2007).

Mutació	Cromosoma	Fenotip del fruit	Conseqüències Hormonals
RIN (ripening inhibitor)	5	Fruits no climatèrics, provoca una maduració molt heterogènia. Coloració groga.	Baixa producció d'etilè.
NOR (non ripening)	10	Fruits no climatèrics, provoca una maduració heterogènia. Coloració groga ataronjada.	Baixa producció d'etilè i retard en l'acumulació d' àcid abscísic.
ALC (alcobaça)	10	Retard en la maduració dels fruits. Coloració normal.	Reduïts nivells d'etilè.

1.6. El tomàquet de Penjar

1.6.1. Característiques del tomàquet de Penjar



Figura 11. Tomàquet de Penjar, genotip FMA172.

El tomàquet de Penjar és una varietat tradicional de Catalunya famosa per participar en la preparació del pa amb tomàquet, menjar tradicional de les cuines catalanes. Es caracteritza per la seva llarga vida útil, la mida petita dels seus fruits, el seu aroma floral característic i la seva variabilitat morfològica (Casals, 2012).

Aquesta varietat és collida durant els mesos d'agost fins a octubre, per ser comercialitzada entre octubre i març, degut a que és una varietat que és més apreciada al cap de dos mesos de la seva collita (Casals, 2012). L'aroma del tomàquet de Penjar, evoluciona durant la postcollita, mostrant el seu màxim de qualitat entre els 2 i 4 mesos de postcollita.

1.6.2. Efectes genètics i ambientals sobre la conservació del tomàquet de Penjar

En estudis recents, s'ha confirmat que no tots els fruits amb l'al·lel *a/c* presenten la mateixa conservació durant la postcollita. La mida del fruit jugaria un rol important a l'hora de determinar la conservació de cada varietat, essent les varietats de fruit reduït les que presenten major potencial de conservació (Casals *et al.*, 2012). D'altra banda existeix un gran nombre de factors ambientals que afecten a la conservació del tomàquet de Penjar. L'estudi recent publicat per Conesa *et al.* (2014) senyala que el nivell d'irrigació durant el cultiu té un efecte molt important sobre el comportament en postcollita del tomàquet de Penjar. Un nivell elevat de reg durant el cultiu provocaria una menor conservació dels fruits en aquesta varietat tradicional. D'altra banda el fet de sofrir dèficit hídric durant el cultiu conferiria una major resistència del fruit als patògens, degut a la producció de metabòlits i enzims antimicrobians i l'alliberació de components cerosos a la cutícula (Conesa *et al.*, 2014). Finalment cal destacar que els agricultors coneixen que existeixen importants diferències entre èpoques de collita respecte al comportament dels fruits durant la postcollita. Generalment els primers fruits que cullen són els que guarden més temps, i els agricultors comencen comercialitzant els fruits que cullen al final del cicle de cultiu (setembre-octubre). Amb l'objectiu de quantificar les diferències entre collites respecte la conservació i d'avaluar si existeixen caràcters morfològics o químics que ens permetin predir la conservació del tomàquet de Penjar, s'ha dissenyat un assaig amb 51 genotips d'aquesta varietat tradicional.

2. Objectius

L'objectiu general d'aquest treball és estudiar els factors genètics i ambientals que afecten a la conservació del tomàquet de Penjar. Per assolir aquest objectiu s'han dissenyat diferents objectius específics:

1. Estudiar l'efecte del moment de collita respecte la conservació dels fruits.
2. Avaluar els caràcters morfològics i de composició química que tenen un efecte sobre la conservació.
3. Estudiar el comportament en postcollita de 51 genotips del Banc de Germoplasma de la Fundació Miquel Agustí.

3. Materials i mètodes

3.1. Material vegetal

Es varen emprar un total de 51 genotips de la varietat de tomàquet de Penjar que es van escollir a l'atzar entre les entrades del banc de germoplasma de la Fundació Miquel Agustí. Els genotips eren: FMA163, FMA171, FMA172, FMA215, FMA 31, FMA 57, FMA92, LC209, LC246, LC257, LC269, LC284, LC313, LC319, LC332, LC339, LC340, LC341, LC345, LC348, LC350, LC352, LC353, LC358, LC360, LC361, LC362, LC363, LC369, LC373, LC374, LC375, LC376, LC378, LC381, LC382, LC384, LC386, LC389, LC391, LC409, LC410, LC411, LC415, LC416, LC417, LC419, LC42, P1, P2 i Punxa. Com a testimoni es va emprar la varietat comercial Palamós, de la casa Semillas Fito.

3.2. Disseny experimental

Els materials es van cultivar a la província de Barcelona, al municipi de Rubí (41°30'11" N, 2°1'3" E), a la finca d'un agricultor professional, seguint les tècniques de cultiu convencionals a l'àrea. El disseny experimental del camp constava de dos bloc, en els quals els genotips estaven distribuïts aleatòriament. En el moment de la collita dels fruits es va respectar aquest disseny experimental, per la qual cosa l'estudi de la postcollita ha tingut dues repeticions per genotip. Els fruits van ser collits a l'estadi de maduresa completa en tres moments del cicle de cultiu: inici (14/7/2014), mitjans de cicle (20/8/2014) i final del cicle de cultiu (8/10/2014), per tal d'avaluar l'efecte de l'època de collita sobre la conservació.

3.3. Caràcters avaluats

3.3.1. Conservació dels fruits

Els fruits es van conservar al soterrani de l'ESAB en caixes de fusta i plàstic, en condicions de temperatura i humitat ambientals. Les condicions per a cada mes van ser: per al mes d'octubre la temperatura va ser de 19,5 °C i la humitat del 79%, per al mes de novembre la temperatura va ser de 12,4 °C i una humitat del 67%, per a desembre la temperatura va ser de 9,1°C i una humitat del 74%, per a gener la temperatura va ser de 9,1 °C amb una humitat del 71%, per a febrer la temperatura va ser de 9,1 °C amb una humitat del 65%, per a març la temperatura va ser de 12,2 °C amb una humitat del 74% i per a abril van experimentar una temperatura de 14,1 °C amb una humitat del 72%. Els fruits es van distribuir de manera que no poguessin patir cap aixafament ni poca ventilació (Figura 12).



Figura 12. Conservació dels fruits al soterrani de ESAB i recompte dels fruits.

Es va fer un recompte dels fruits inicials a cada lot i, posteriorment, cada mes es van anar eliminant els fruits que s'havien podrit o ja no eren comercials.

Es va prendre com a criteri de selecció de fruits no comercials, els que presentaven un fort arrugament de la pell o infeccions per patògens. El número acumulat de fruits descartats durant la postcollita es va emprar per calcular l'índex de conservació (% de fruits descartats en relació al número de fruits inicials).

3.3.2. Pèrdua de pes dels fruits

Per dur a terme el control de la pèrdua de pes, només es van estudiar un grup de 26 genotips de la collita d'octubre (dels quals es varen seleccionar 7 fruits per genotip) seleccionats per presentar un bon comportament agronòmic: FITO, FMA163, FMA172, FMA215, FMA31, FMA57, FMA92, LC246, LC284, LC313, LC332, LC339, LC341, LC352, LC358, LC363, LC373, LC375, LC382, LC384, LC410, LC411, LC419, LC42, P2 i PUNXA. De la resta de collites no es va estudiar aquest caràcter.

Es va fer el seguiment del pes individual dels fruits cada 15 dies essent pesats amb una balança de precisió COBOS G-6000.

3.3.3. Morfologia del fruit

Un total de 33 genotips van ser analitzats mitjançant el software Tomato Analyzer 3.0 (Rodríguez et al., 2010) per obtenir dades quantitatives sobre 45 caràcters morfològics del fruit. De cada genotip es va obtenir una imatge, mitjançant un escàner de taula, de 10 fruits tallats longitudinalment i 10 fruits tallats per la secció transversal. La descripció i el mètode de càlcul dels caràcters morfològics estudiats han estat prèviament descrits per Rodríguez *et al.* (2010). La major part de caràcters es van obtenir de la secció longitudinal del fruit (10 fruits per genotip), a excepció dels caràcters *Lobedness degree*, *Pericarp area*, *Pericarp Thickness*, *Rectangular*, *Circular*, *Ellipsoid* (Rodríguez *et al.*, 2010). Els genotips analitzats van ser: FITO, FMA163, FMA171, FMA215, FMA57, FMA92, LC209, LC246, LC257, LC313, LC332, LC339, LC340, LC341, LC353, LC358, LC361, LC369, LC373, LC375, LC376, LC378, LC381, LC384, LC389, LC409, LC410, LC416, LC419, LC42, P1, P2 i PUNXA.

Paral·lelament, d'un subgrup de 15 genotips es van prendre dades d'altres caràcters morfològics per tal d'identificar relacions entre els caràcters avaluats al laboratori i les dades obtingudes mitjançant el software Tomato Analyzer 3.0.

Els caràcters avaluats, en el moment de la collita, en aquest subgrup de genotips van ser:

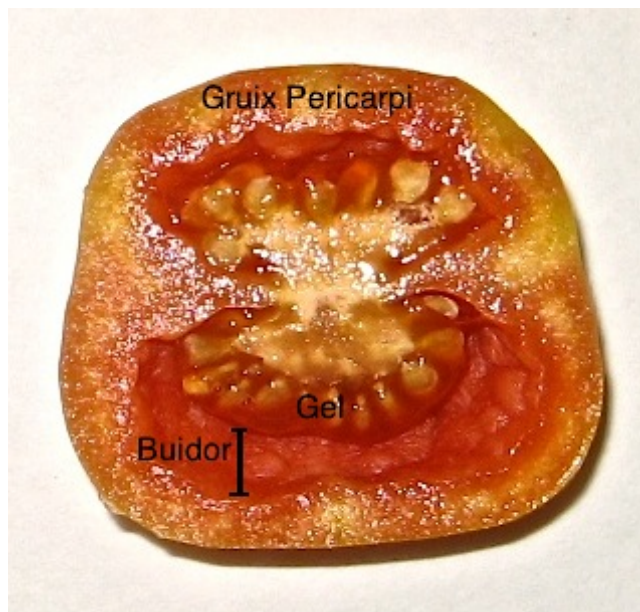


Figura 13. Mesures estimades manualment al laboratori.

- **Pes del fruit (g):** els fruits es van pesar individualment amb una balança elèctrica de precisió COBOS G – 6000.
- **Diàmetre de la ferida del pedicel (mm):** mitjançant un peu de rei digital (CALIPTER Cometa cc0.150) es va realitzar una mesura del diàmetre màxim i una del diàmetre mínim de la ferida del pedicel.
- **Diàmetre màxim del fruit (mm):** amb un peu de rei digital (CALIPTER Cometa cc0.150) es va realitzar una mesura del diàmetre màxim de la secció transversal de cada fruit.
- **Longitud màxima del fruit (mm):** amb un peu de rei digital (CALIPTER Cometa cc0.150) es va realitzar una mesura de l'alçada màxima del fruit, des de la el punt màxim de les espatlles del fruit (shoulders) fins a l'extrem inferior del fruit (incloent-hi la punxa, en el cas dels genotips que tenien una protuberància a l'extrem).

- **Volum (ml):** amb una proveta de capacitat d'un litre, es van introduir els fruits individualment per poder obtenir l'augment del nivell de l'aigua i així obtenir el valor del seu volum.
- **Gruix del pericarpi (mm):** mitjançant un peu de rei digital (CALIPTER Comecta cc0.150) es van prendre tres mesures del gruix del pericarpi a tres punts diferents de la secció transversal.
- **Gruix de la buidor (mm):** en cas de que el fruit presentés buidor a la cavitat locular, és a dir, un espai sense teixit entre el pericarpi i el gel que conté les llavors, es va mesurar aquest espai fent servir un peu de rei digital (CALIPTER Comecta cc0.150) prenent tres mesures a punts diferents de la secció transversal.
- **Pes del gel (g):** emprant una balança elèctrica de precisió COBOS G – 6000 es va quantificar el pes del gel de cada fruit. Aquesta dada es va emprar per calcular el pes relatiu del gel ($\text{pes del gel} / \text{pes del fruit} * 100$).
- **Número de lòculs:** amb el tall transversal del fruit es va fer recompte de les cavitats loculars.

3.3.3.1. Composició química

Per l'estudi de la composició química es van seleccionar un grup de 15 genotips en base a les dades preliminars de caracterització (dades de l'assaig de camp realitzat l'any 2013). Un total de 8 genotips van ser seleccionats per presentar un bon comportament agronòmic i una morfologia del fruit pròxima als estendards comercials que trobem al mercat: FMA163, FMA92, LC332, LC339, LC352, LC358, LC363, LC419; un total de 4 genotips es van seleccionar perquè presentaven una elevada aroma de Penjar, en acord amb les valoracions prèvies realitzades pel panel de tast i els membres de l'equip d'investigació (Casals et al., 2012): LC246, Punxa, LC313, LC42. Finalment es van incorporar al grup de genotips seleccionats per a realitzar anàlisis químiques: el testimoni comercial Fitó Palamós, i els genotips LC269 i LC284 (ambdós per presentar característiques agronòmiques singulars: creixement determinat en el cas de LC269 i una elevada precocitat en el cas del genotip LC284).

Els paràmetres estudiats foren:

- **Duresa (kg):** mitjançant un penetròmetre (Agroagri instrument) es van subjectar els fruits amb una mà i amb l'altre es va exercir una força constant amb el penetròmetre fins a arribar a travessar la cutícula del fruit, sense arribar a travessar el fruit fins a l'altre extrem, només arribant fins al pericarpi.
- **°Brix en fruit sencer i triturat:** emprant un refractòmetre ERMA es van calcular els °Brix. D'una banda es va posar dues gotes de l'Aigua extretes del tall transversal del fruit, i de l'altra dues gotes extretes del triturat del fruit. Aquest disseny es va aplicar amb l'objectiu d'identificar si existeixen diferències entre les mesures preses en fruits sencers i en el triturat resultant de cada fruit del fruit (sencer) i dues gotes de fruit triturat per tal d'obtenir els graus en l'aparell.
- **pH:** un cop el fruit havia sigut triturat, posàvem en contacte els elèctrodes del pH-metre (Crison microPH) amb la mostra per obtenir el valor del pH.
- **Matèria seca (g):** Pesem una quantitat determinada de la mostra fresca triturada amb una balança analítica METTLER AE 166. Un cop pesat, introduïm el pot a la estufa (SELECTA 295-B 3000W) durant 48 h a 80°C i tornem a pesar la mostra seca que resta al pot. Un cop obtenim les dues mesures podem calcular la diferència de pes entre la mostra fresca i la mostra seca, i així poder calcular el % de matèria seca de la mostra o el que ve a ser el mateix calcular el % d'aigua que contenia la mostra.

3.4. Anàlisi estadística

Per a l'estudi de les variables quantitatives es va emprar la tècnica de l'anàlisi de la variància (ANOVA), emprant el paquet estadístic SAS (SAS Statistical Package, v8.02). El model de l'ANOVA es va ajustar, per cada variable, als factors considerats en el disseny experimental (genotip, època de collita), considerant les respectives interaccions. La separació de mitjanes es va realitzar pel procediment de la mínima diferència significativa. Per a l'estudi de correlacions entre caràcters es va emprar l'estadístic r de Pearson.



4. Resultats i discussió

4.1. Efecte de l'època de collita sobre la conservació

Per a realitzar l'estudi de l'efecte del moment de collita sobre la conservació es van seleccionar els genotips FMA163, FMA172, FMA31, LC209, LC269, LC284, LC332, LC341, LC352, LC369, LC375, LC376, LC381, LC382, LC410, LC415, LC417, LC419, P2, per ser presents a les tres collites i disposar dades de conservació dels 3, 4 i 5 mesos.

Existeixen diferències entre les èpoques de collita als 3 mesos de conservació ($p < 0,0001$), 4 mesos de conservació ($p < 0,0001$) i per als 5 mesos de conservació ($p < 0,0001$) (Taula 3). Als 3 mesos de postcollita la conservació és superior en les collites del juliol (93%) i agost (94%), no existint diferències significatives entre ells. El valor de la conservació dels materials collits a l'octubre (57%) és significativament inferior respecte als altres dos moments de collita. El mateix patró es produeix per als següents mesos de postcollita, per exemple als 5 mesos de postcollita la conservació dels fruits collits a l'agost i al juliol gairebé duplica la conservació dels fruits de l'octubre. Amb això concloem que la millor època de collita és juliol i agost, no sent diferents entre elles

Donat el disseny experimental que hem aplicat, però, no podem assumir que les diferències detectades entre èpoques de collita són atribuïbles únicament als factors de pre-collita (factors agroclimàtics). En el nostre disseny experimental els fruits procedents de cada època de collita han sofert unes condicions de postcollita diferents (la conservació es va realitzar a temperatura i humitat ambient). Per aquests motius no podem desglossar quin són els efectes pre-collita i postcollita que determinen les diferències observades entre moments de collita.

Taula 3. Efecte de l'època de collita sobre la conservació del tomàquet de Penjar. Les dades de conservació (% de fruits conservats respecte als inicials) es presenten pels mesos 3, 4 i 5 de postcollita. A la part inferior de la taula es presenta la significació dels diferents factors considerats en el model l'ANOVA.

Època collita	Conservació 3 mesos	Conservació 4 mesos	Conservació 5 mesos
Juliol	93,3 A	88,2 A	83,8 A
Agost	93,5 A	88,5 A	82,1 A
Octubre	57,2 B	42,9 B	36,0 B

Significació de l'ANOVA			
Genotip	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Data collita	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Genotip*data de collita	<0,0001	0,0036	0,0379
MDS	5,0	5,7	6,6

4.2. Caracterització del germoplasma estudiat pel comportament en postcollita

Com hem vist prèviament, les millors èpoques de collita són juliol i agost. Tot i que les dues èpoques de collita no presenten cap diferència significativa per a la conservació, per avaluar les diferències entre genotips es van escollir les dades de la collita de l'Agost, degut a que a Catalunya la major producció de tomàquet de Penjar es dona en aquesta època i perquè és la collita on tenim representat un major nombre de genotips.

Els resultats de l'ANOVA (Taula 4) mostren que per al segon mes de postcollita, no existeixen diferències significatives entre els genotips ($p=0,721$). Per a la resta de moments de postcollita existeixen diferències significatives entre els genotips estudiats ($P<0,05$).

Taula 4. Significació de l'ANOVA per la variable conservació dels genotips de la collita d'Agost.

Caràcter de conservació dels fruits						
Significació de l'ANOVA						
Seguiment	2 mesos	3 mesos	4 mesos	5 mesos	6 mesos	7 mesos
Genotip	0,721	0,002	0,0004	<0,0001	<0,0001	<0,0001
MDS		16,0	21,2	29,2	29,4	33,1

Al fer l'anàlisi estadístic hem conclòs que existeixen diferències significatives entre els genotips en els diferents moments de postcollita. Com podem observar a la Taula 5, las dos mesos de postcollita la major part d'entrades presenten una conservació superior al 90% dels fruits. El valor mínim el presenta LC345 (86,7% de fruits conservats), si bé no existeixen diferències significatives amb la resta de genotips estudiats.



Si observem la Taula 5, a mesura que la postcollita avança les diferències entre els genotips pel caràcters conservació es fan més notables, existint diferències significatives entre genotips en la resta de moments de postcollita estudiats. Els fruits que presenten una millor conservació durant tot l'experiment són els genotips LC350, LC411 i LC42 els quals presenten una conservació excepcional al final de l'experiment (100,0 % de fruits conservats per LC350 i LC411, i 98,0 % pel genotip LC42). Es tracta, doncs, de materials molt interessants pels agricultors interessats en comercialitzar tomàquet de Penjar durant l'hivern.

Taula 5. Mitjanes per genotip de l'índex de conservació (IC, % de fruits conservats) en cada moment de la postcollita estudiat (2 a 7 mesos). Les dades corresponen a la collita de l'agost. A la part inferior de la taula es presenta el valor de la mínima diferència significativa (mds).

Genotip	IC2	IC3	IC4	IC5	IC6	IC7
FITO	96,6	88,0	85,0	82,0	76,2	67,1
FMA163	100,0	93,7	87,2	75,9	71,1	71,1
FMA171	97,6	88,9	86,8	80,4	76,0	65,9
FMA172	100,0	96,6	95,1	92,6	88,9	79,8
FMA215	98,6	93,3	90,6	88,8	80,2	71,9
FMA31	98,2	95,5	93,0	89,4	85,8	78,8
FMA57	100,0	83,3	83,3	58,3	41,7	41,7
FMA92	100,0	95,5	86,4	86,4	81,8	77,3
LC209	98,9	96,7	93,1	82,2	80,5	68,6
LC246	100,0	100,0	100,0	100,0	87,5	87,5
LC257	100,0	99,3	98,0	95,5	88,2	76,4
LC269	99,5	95,0	92,5	85,4	76,8	73,4
LC284	99,4	88,0	82,5	81,4	55,3	43,7
LC313	100,0	100,0	100,0	60,8	60,8	60,8
LC319	100,0	88,2	88,2	76,5	76,5	58,8
LC332	99,4	98,2	98,2	93,4	92,7	90,5
LC339	100,0	100,0	100,0	93,9	90,9	90,9
LC340	96,7	92,9	90,8	85,7	77,8	71,7
LC341	100,0	95,5	93,2	60,9	46,4	34,1
LC345	86,7	61,1	52,2	22,2	16,7	16,7
LC348	100,0	77,8	66,7	33,3	33,3	0,0
LC350	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
LC352	100,0	90,0	75,0	55,0	50,0	40,0
LC353	100,0	100,0	89,7	82,8	62,1	41,4
LC358	98,6	97,2	93,1	80,0	80,0	80,0
LC360	100,0	94,5	94,5	85,4	70,3	64,6
LC361	100,0	85,4	85,4	68,8	60,4	58,3
LC362	100,0	66,7	55,6	22,2	11,1	0,0
LC363	100,0	100,0	100,0	100,0	91,7	91,7
LC369	100,0	97,5	91,7	83,9	66,3	57,1
LC373	100,0	97,9	97,9	94,9	90,0	85,4
LC374	100,0	83,3	75,0	58,3	41,7	25,0
LC375	100,0	90,6	86,8	84,9	64,2	49,1

LC376	100,0	95,0	85,0	83,3	50,0	40,0
LC378	100,0	100,0	100,0	93,4	80,1	64,8
LC381	100,0	91,6	81,1	79,7	66,5	48,3
LC382	100,0	97,1	93,4	84,9	64,2	52,0
LC384	100,0	95,1	92,8	81,9	72,2	64,4
LC386	100,0	100,0	100,0	100,0	50,0	33,3
LC389	100,0	100,0	88,0	88,0	76,0	68,0
LC391	100,0	98,2	91,5	91,5	83,0	77,7
LC409	99,1	78,6	64,6	61,1	38,5	31,0
LC410	96,3	88,6	86,5	86,5	70,5	62,5
LC411	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
LC415	100,0	90,5	90,5	90,5	76,2	57,1
LC416	100,0	95,0	95,0	95,0	80,4	73,6
LC417	100,0	92,9	67,9	67,9	67,9	67,9
LC419	100,0	95,5	93,2	93,2	77,3	75,0
LC42	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	98,0
P1	96,5	91,4	85,3	83,6	66,5	61,5
P2	98,8	87,0	84,8	83,5	71,1	63,5
PUNXA	100,0	97,1	97,1	89,7	89,7	81,5
MDS	-	16,0	21,2	29,2	29,4	33,1

A tall d'exemple, i per discutir com evoluciona la conservació durant la postcollita, a la Figura 28 presentem una gràfica de l'evolució de la taxa de conservació dels genotips FITO Palamós (per tractar-se del testimoni de l'assaig), LC42, LC350 (per mostrar el millor comportament), LC348 (per presentar el major deteriorament durant la postcollita) i PUNXA (per tractar-se de la varietat millorada per la Fundació Miquel Agustí). A la Taula 6 es presenta el grup de significació del valor de la conservació de cada genotip, per tal d'indicar entre quins valors existeixen diferències significatives.

Com es pot observar (Figura 14) en el moment de postcollita 2 mesos no existeixen diferències entre genotips. Per al tercer mes de conservació (IC3), observem com tots els genotips són estadísticament iguals a excepció del genotip LC348, els qual presenta una conservació significativament inferior. Aquest comportament també es dona durant els mesos 4, 5 i 6 de conservació. Al setè mes de conservació, com podem observar a la figura 28, els genotips es troben més distanciat, això significa que les diferències de conservació entre ells augmenten degut a l'increment del temps de postcollita. Tot i això, tots els genotips a excepció del LC348, no presenten diferències significatives entre ells.

Taula 6. Grups de significació dels valors de conservació (IC) presentats a la Figura 14 (dins de columna lletres diferents indiquen diferències significatives, procediment de la mínima diferència significativa).

Genotip	IC 2	IC 3	IC 4	IC 5	IC 6	IC 7
FITO	A	A	AB	A	A	A
LC42	A	A	A	A	A	A
LC411	A	A	A	A	A	A
LC348	A	B	B	B	B	B
PUNXA	A	A	A	A	A	A

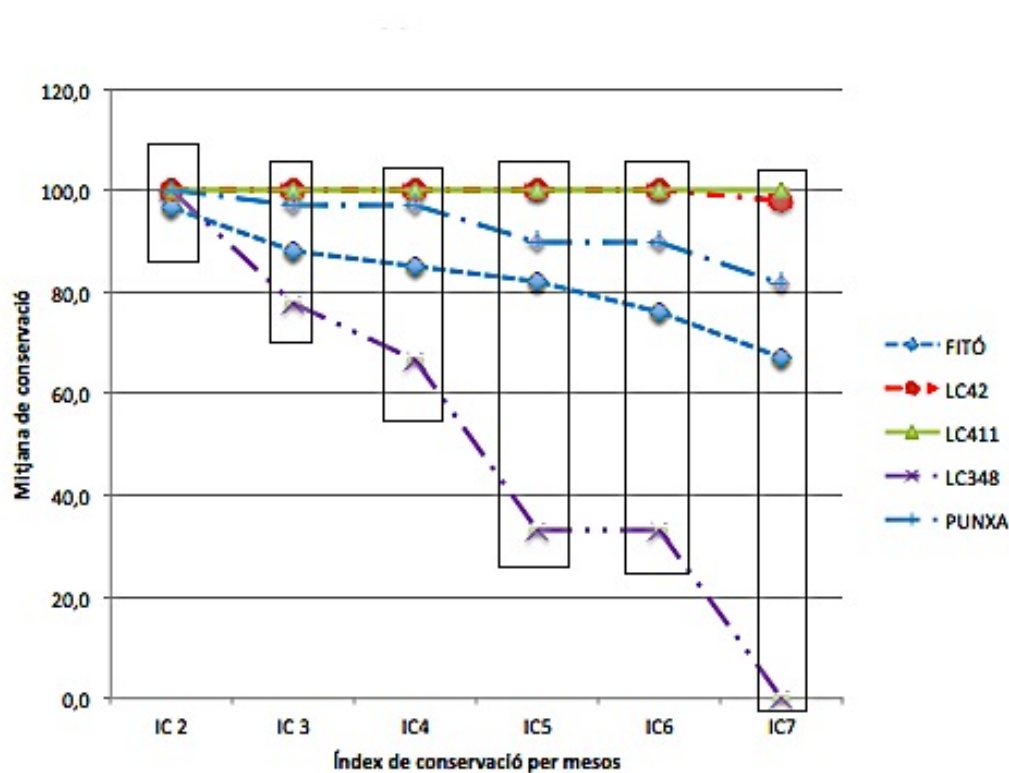


Figura 14. Evolució de la conservació durant la postcollita dels genotips FITO, LC42, LC348, LC411 i PUNXA.

4.3. Estudi de la pèrdua de pes dels fruits

Els resultats de l'ANOVA (Taula 7) ens mostren com existeixen diferències significatives ($p < 1$) entre genotips per la variable pèrdua de pes (IP=pes en el moment de la postcollita x/pes inicial del fruit*100) en tots els moments de postcollita, a excepció de les dades del mes 4 ($p = 0,9779$). Amb això concloem que el genotip influeix en la pèrdua de pes i que cada genotip té una pèrdua de pes significativament diferent.

Taula 7. Significació de l'ANOVA per la variable pèrdua de pes.

Caràcter de pèrdua de pes dels fruits								
Significació de l'ANOVA								
Mesos	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
Genotip	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0,0009	<0.0001	<0.0001	0,9779
MDS	1,2	2,8	2,2	2,7	4,4	4,1	5,0	

La pèrdua de pes oscil·la entre 2,6 (LC313) i 5,4% (LC284) als 15 dies de postcollita. Quinze dies després la pèrdua de pes s'ha duplicat en la majoria de genotips, el valor oscil·lant entre 5,8 (LC313) i 17,9% (LC284). La taxa d'increment de la pèrdua de pes continua, en general, igual en els següents moments de postcollita avaluats. Per exemple, al final de l'estudi el genotip que presenta menor pèrdua de pes és LC42 (18,4%) i el genotip que presenta un valor més elevat és LC411, amb una pèrdua de pes del 35,6%. Aquestes dades són molt importants, atenent que impliquen una pèrdua de valor econòmic de les produccions dels agricultors.

Referent a les diferències entre genotips observem que la variació entre genotips per aquest caràcter és contínua. Al cap de 2 mesos de postcollita, que és quan el tomàquet de Penjar presenta el seu màxim de qualitat (Joan Casals *et al*, 2012) els millors genotips per aquest caràcter són LC313 (8,9%), LC42 (10,6%), LC411 (10,6%), LC358 (11,0%), LC375 (11,3%), LC339 (11,4%), LC410 (11,5%) i el testimoni comercial Fito (11,6%), entre els quals no existeixen diferències significatives. El pitjor genotip és LC341 (17,3%), amb un valor de pèrdua de pes significativament diferent a la resta de genotips estudiats.

Als 3,5 mesos de postcollita, darrer punt de mostreig en el qual trobem diferències significatives entre genotips i moment en el que podríem considerar que finalitza



l'època de comercialització dels fruits (Casals *et al.*, 2012), dels genotips senyalats anteriorment els millors per aquest caràcter són LC375 (14,8%), LC42 (16,9%) i LC411 (17,0%), si bé no existeixen diferències significatives entre ells ni amb un grup de 5 genotips més (incloent el testimoni comercial Fito (18,8%).

Taula 8. Mitjana per genotip de la pèrdua de pes (IP, % de pèrdua de pes dels fruits) pels diferents moments de postcollita. Les caselles buides indiquen genotips que no es van conservar en el moment del mostreig. A la part inferior de la taula es presenta el valor de la mínima diferència significativa (mds).

Genotip	IP 0,5	IP 1	IP 1,5	IP 2	IP 2,5	IP 3	IP 3,5	IP 4
FITO	2,7	7,0	9,3	11,6	14,6	17,1	18,8	23,2
FMA163	4,2	8,9	11,6	14,2	17,5	19,9	21,5	25,4
FMA172	4,3	9,5	12,3	15,2	19,4	22,2	26,6	
FMA215	3,2	6,8	8,7	11,8	13,4	15,7	19,9	21,1
FMA31	4,2	10,0	12,5	15,7	19,5	22,5	27,0	31,7
FMA57	5,1	11,2	11,4	13,8	16,7	19,9	21,7	
FMA92	4,8	10,1	12,5	15,1	18,4	21,1		
LC246	3,6	8,4	10,9	13,4	16,5	19,0	24,5	
LC284	5,4	17,9						
LC313	2,6	5,8	7,8	8,9	11,8	13,7	18,4	
LC332	3,2	9,0	11,3	14,2	17,7	20,6	24,8	32,0
LC339	3,1	7,3	9,3	11,4	14,1	16,4	19,8	26,5
LC341	4,3	9,7	13,3	17,3				
LC352	3,4	7,7	10,1	12,4	15,1	16,9		
LC358	3,1	8,2	9,0	11,0	13,6	15,9	18,6	23,0
LC363	3,3	7,5	10,2	12,7	16,3	19,2	21,7	
LC373	3,6	9,5	11,2	14,7	19,5	16,0		
LC375	2,8	5,9	8,1	11,3	12,5	14,7	14,8	
LC382	3,2	7,7	11,5	12,6	17,5	19,9	23,6	
LC384	5,3	9,3	12,1	15,1	18,2	21,5	25,0	28,3
LC410	3,0	7,0	9,2	11,5	14,1	17,2	18,0	22,8
LC411	3,1	6,8	8,7	10,6	12,1	15,9	17,0	35,6
LC419	3,4	9,1	10,4	13,0	15,7	17,2	21,6	27,2
LC42	3,2	6,8	9,9	10,6	12,8	22,9	16,9	19,3
P2	3,8	9,5	9,9	12,2	14,2	15,4	17,9	21,7
PUNXA	3,8	8,8	11,8	14,8	15,6	18,7	22,5	28,4
MSD	1,2	2,8	2,2	2,7	4,4	4,1	5,0	27,0

Per tal de visualitzar com evoluciona la pèrdua de pes durant la postcollita, es presenta el valor de la pèrdua de pes de 5 genotips al llarg de la postcollita a la Figura 15. A la Taula 9 es presenta el grup de significació dels valors presentats a la Figura 15, per tal de detallar entre quines mitjanes existeixen diferències significatives. Com es pot observar, la pèrdua de pes incrementa durant la postcollita de manera gairebé lineal per tots els genotips. No obstant, a mesura que avança la postcollita les diferències entre genotips es van eixamplant. L'increment alt de la pèrdua de pes que presenta LC411 al final del

mostreig ho atribuïm a un efecte mostral (en el darrer mostreig quedava un sol fruit per avaluar aquest caràcter, el qual presentava signes de dessecament).

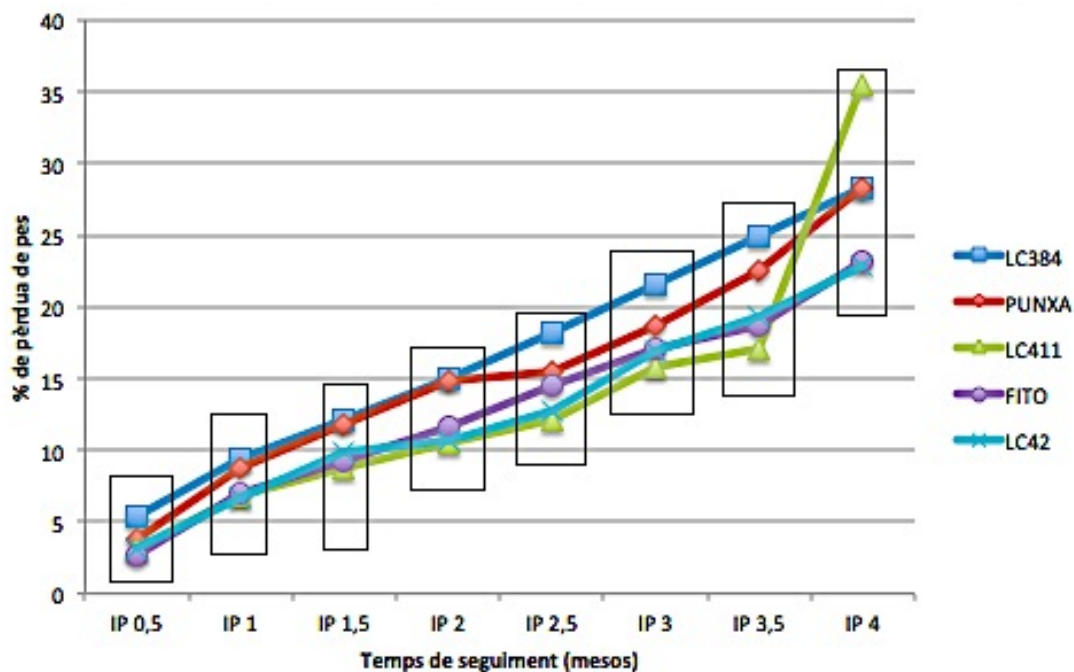


Figura 15. Evolució de la pèrdua de pes durant la postcollita dels genotips FITO, LC42, LC348, LC411 i PUNXA.

Taula 9. Grups de significació dels valors de de pèrdua de pes (IC) presentats a la Figura 15 (dins de columna lletres diferents indiquen diferències significatives, procediment de la mínima diferència significativa).

Genotip	IP 0,5	IP 1	IP 1,5	IP 2	IP 2,5	IP 3	IP 3,5	IP 4
FITO	A	A	A	A	B	B	B	A
LC42	A	A	A	B	B	A	B	A
LC411	A	A	A	B	B	B	B	A
LC348	B	A	B	C	A	A	A	A
PUNXA	A	A	B	C	AB	AB	A	A

4.4. Estudi dels caràcters morfològics del fruit

Una de les característiques que distingeix al tomàquet de penjar és la variabilitat morfològica del fruit entre els diferents genotips de la varietat (Casals *et al.*, 2012). A la Taula 10 es pot observar que existeixen diferències significatives entre els genotips

pels diferents caràcters morfològics estudiats al laboratori (no s'inclouen en l'anàlisi les dades extrems mitjançant el software Tomato Analyzer 3.0. Únicament no existeixen diferències entre genotips pel caràcter diàmetre de la cicatriu peduncular ($p=0,4696$).

Taula 10. Significació de l'ANOVA i mínima diferència significativa entre les mitjanes dels genotips pels diferents caràcters morfològics estudiats.

Caràcter	Significació	MDS
Pes	<0,0001	9,9
Diàmetre	<0,0001	3,4
Longitud	<0,0001	2,8
Volum	<0,0001	12,8
Duresa	<0,0001	0,4
Pes del gel	<0,0001	2,9
pH	<0,0001	0,1
Matèria Seca	<0,0001	0,8
Buidor	<0,0001	1,6
Cicatriu peduncular	0,4696	-

Com comentat a l'apartat de material i mètodes, es va fer un estudi per determinar si existien diferències significatives entre tècniques de mostreig per la variable °Brix: es va comparar el valor de °Brix obtingut d'un fruit sencer i d'un triturat. Els resultats senyalen que no existeixen diferències entre tècniques de mostreig (Taula 11, $p=0,9606$), per la qual cosa els °Brix obtinguts a partir de fruits sencers són representatius del valor mitjà del fruit. Alhora no existeix significació per la interacció genotip*tècnica de mostreig, per la qual cosa aquesta afirmació és vàlida per tots els genotips estudiats. Referent a les diferències entre genotips, podem observar que es detecten diferències significatives per aquesta variable. El valor dels °Brix va oscil·lar entre 3,9 i 6,9 en el conjunt de genotips estudiat.

Taula 11. Efecte de la tècnica en el mostreig sobre els °Brix.

°Brix	
Triturat	5,3A
Sencer	5,3 A
Significació de l'ANOVA	
Genotip	<1
Tècnica de mostreig	0,9606
Genotip * Tècnica de mostreig	0,9863
MDS	-

4.5. Correlació genotípica entre la morfologia del fruit, la composició química i la conservació

Per tal d'identificar variables morfològiques o químiques relacionades amb la conservació es va fer un estudi de correlacions (Taula 12) emprant les mitjanes per genotip. Les dades senyalen que el pH té una forta correlació positiva amb la conservació (a més pH major conservació). Aquesta correlació s'ha detectat als 3 mesos ($r=0,606$, $p=0,048$), 4 mesos ($r=0,652$, $p=0,03$), 6 mesos ($r=0,781$, $p=0,005$) i 7 mesos de postcollita ($r=0,841$, $p=0,001$). Com es pot observar el valor de la correlació és elevat. D'altra banda també s'ha detectat una correlació negativa entre la duresa del fruit i la conservació, tot i que el valor de la correlació és significatiu únicament per les dades dels 2 mesos de postcollita ($r=-0,764$, $p=0,06$). Això ens indicaria que els fruits més durs tendeixen a conservar-se menys, si bé la variable no ens permet predir la conservació a la resta de moments de postcollita estudiats. Tot i que la duresa de la cutícula dels fruits els proporciona major resistència a les lesions físiques, en estudis recents s'ha demostrat la influència de les mutacions *rin*, *nor* i *alc* en els components que conformen la cutícula dels fruits, fent que a la cutícula dels fruits amb aquestes mutacions es trobi una concentració superior d'àcid octadecanoic (C18), els quals confereixen al fruit una cutícula més elàstica i menys rígida (Kosma *et al.*, 2010). La correlació detectada en aquest treball podria tenir alguna relació amb aquest fet.

Referent a les variables morfològiques estudiades mitjançant el software Tomato Analyzer s'han detectat un gran número de correlacions amb les dades de conservació dels genotips. Entre les correlacions detectades destaquem:

La correlació negativa entre la conservació i l'àrea del fruit ($r=-0,423$, $p=0,035$ al primer mes de postcollita; $r=-0,485$, $p=0,004$ als 2 mesos de postcollita) ens indica que els fruits amb una àrea més petita es conservaran millor. De fet aquesta relació ens indica que els fruits de mida petita es conserven més, tal com ja s'havia descrit en estudis anteriors (Joan Casals *et al.*, 2012). Un fet que es veu reflectit també amb la correlació negativa detectada amb altres variables com l'amplada o l'altura.

Una altra característica del fruit que presenta correlació amb la conservació és la forma de cor dels fruits (*heart shape*). Aquesta variable morfomètrica presenta una



correlació positiva amb la conservació ($r=0,466$, $p=0,006$ als 6 mesos de postcollita; $r=0,578$, $p=0,000$ als 7 mesos de postcollita). Aquesta correlació ens indica que els fruits que presentin més forma de cor presenten una major conservació. Aquesta informació s'observa també amb la correlació entre els fruits acabats en punxa (valor elevat de la variable Distal End Protrusion) i la conservació. De fet els fruits que presenten forma de cor (*heart shape*) es caracteritzen per presentar el terminal de floració acabat en punta.

Per últim, també s'observa una forta correlació entre el pericarpi i la conservació. Els fruit que tenen un gruix i una àrea de pericarpi major presenten més conservació. Per la variable gruix del pericarpi el valor de la correlació de Pearson és significatiu als 6 ($r=0,496$, $p=0,009$) i 7 mesos de postcollita ($r=0,588$, $p=0,001$). Per la variable àrea del pericarpi el valor de la correlació és significativa en els mateixos períodes (6 mesos: $r=0,462$, $p=0,015$; 7 mesos: $r=0,528$, $p=0,005$).

Taula 12. Estudi de correlacions entre les variables morfològiques i químiques del fruit i l'índex de conservació (R: coeficient de Pearson, S: significació, n: número mitjanes genotípiques emprades per calcular els estadístics).

Caràcter	Pa r.	IC1	IC2	IC3	IC4	IC5	IC6	IC7
Duresa	R	-	-					
			0,7644					
	S		0,0062					
	n		11					
pH	R			0,605	0,652		0,7806	0,8414
				62	02		5	
	S			0,048	0,029		0,0046	0,0012
				3	7			
	n			11	11		11	11
Àrea	R	-	-					
		0,4228	0,4854					
	S	0,0352	0,0042					
	n	25	33					
Amplada a mitja altura	R					-	-	
						0,4800	0,5339	
	S					0,0047	0,0014	
	n					33	33	
Amplada màxima	R					-	-	
						0,4572	0,5081	
	S					0,0047	0,0014	
	n					33	33	

	S		0,0075	0,0025
	n		33	33
Altura màxima	R	- 0,4297 2		
	S	0,0459		
	n	22		
Fruit Shape index 1	R		0,5449 3	0,6246 8
	S		0,001	0,0001
	n		33	33
Fruit Shape index 2	R		0,5436 9	0,6301 5
	S			<0,000
	n		0,0011	1
	n		33	33
Distal fruit blockiness	R		-0,503	-0,551
	S		0,003	0,001
	n		33	33
Heart Shape	R		0,4661 3	0,5781 8
	S		0,0063	0,0004
	n		33	33
Shoulder height	R		- 0,4611 6	- 0,5726 9
	S		0,0069	0,0005
	n		33	33
Proximal Angle Macro	R		- 0,4813 7	- 0,5845
	S		0,0046	0,004
	n		33	33
Proximal indentation area	R		- 0,42265	- 0,5845
	S		0,0143	0,0004
	n		33	33
Distal angle micro	R		- 0,5054 7	- 0,5153
	S		0,0027	0,0021
	n		33	33
Distal Angle macro	R		- 0,5288 6	- 0,5999 3

	S	0,0016	0,0002
	n	33	33
Distal indentation Area	R	-	-
		0,4183	0,4676
		2	7
	S	0,0154	0,0061
	n	33	33
Distal Protrusion	R	0,4050	0,4194
		4	3
	S	0,0194	0,0151
	n	33	33
Eccentricity	R	0,4064	0,5307
		1	
	S	0,0189	0,0015
	n	33	33
Internal Fruit Shape index	R	0,5479	0,6400
		3	6
	S	0,001	<0,000
			1
	n	33	33
Obovate Elipse	R	-	-
		0,4567	0,5571
		2	4
	S	0,0006	0,0008
		2	
	n	33	33
Elliptic	R	-	-
		0,4223	0,5524
		1	7
	S	0,0282	0,0028
	n	27	27
Rectangular	R	0,4580	0,5811
		6	9
	S	0,0163	0,0015
	n	27	27
Pericarp Area	R	0,4617	0,5277
		1	6
	S	0,0153	0,0047
	n	27	27
Pericarp Thickness	R	0,4960	0,5878
		7	2
	S	0,0085	0,0013
	n	27	27

¹La descripció de les variables i els mètodes de mesura corresponents es troben descrits a Gustavo Rodríguez *et al.* (2010)¹.

5. Conclusions

El tomàquet de Penjar és una varietat que presenta la mutació *a/c*, la qual provoca alteracions en la maduració i una postcollita molt llarga. En aquest treball hem avaluat l'efecte de diferents factors ambientals i genètics sobre la conservació. Els resultats senyalen que:

1. El moment del cicle de cultiu en què es cullen els fruits té un efecte important sobre la posterior conservació. La conservació dels fruits collits a l'octubre és significativament més baixa que la dels fruits collits al juliol i agost (entre els quals no existeixen diferències significatives).
2. Al primer mes de postcollita no s'han detectat diferències entre genotips pel caràcter conservació, la major part dels quals presenten un IC>90%. En els següents mesos de postcollita sí que s'han detectat diferències significatives. Al final de l'estudi (7 mesos) alguns genotips mantenen tots els fruits comercials (IC=100%), mentre que altres genotips ja no presentaven fruits comercials (IC=50%).
3. La pèrdua de pes dels fruits segueix una tendència lineal durant la postcollita, oscil·lant en un rang de 2,8 a 5,4% en els diferents genotips estudiats al cap de 15 dies de collir, fins a un rang de 19,3 a 35,6% al cap de 4 mesos de postcollita.
4. L'estudi de correlacions entre les dades morfomètriques i químiques senyala que:
 - a. Existeix una forta correlació positiva entre pH i duresa en relació a la conservació.
 - b. Un gran número de variables morfomètriques estan correlacionades amb la capacitat de conservació dels genotips estudiats. Entre altres destaquem que:
 - i. Els fruits de mida reduïda presenten major conservació ($r = -0,485$, $p=0,004$).
 - ii. Els fruits en forma de cor i amb el terminal de floració acabat en punta presenta major conservació ($r=0,578$ i $p=0,000$).
 - iii. La presència d'un pericarpi gruixut confereix una major conservació al tomàquet de Penjar ($r=0,588$ i $p=0,001$).

5. De tots els genotips estudiats els que presenten un millor comportament en postcollita són: LC350, LC411, LC332, LC339, Punxa i LC42. Cal destacar especialment el genotip LC42, amb un 98% de fruits conservats al cap de 7 mesos, un pH elevat (4,6), una pèrdua de pes al cap de quatre mesos de postcollita del 19% (la més baixa de tots els genotips) i un pericarpi gruixut. En cas de que aquest genotip presenti un bon comportament agronòmic i una elevada qualitat organolèptica pot ser transferit als agricultors com a material vegetal seleccionat del tomàquet de Penjar.

En resum el treball aporta noves dades sobre els paràmetres que afecten a la postcollita del tomàquet de Penjar, així com una caracterització del comportament en postcollita de 51 genotips pertanyents a aquesta varietat tradicional.

6. Agraïments

En aquets treball final de carrera vull agrair a Joan Casals per introduir-me i formar-me en el món dels tomàquets, donar-me suport i haver-se implicat com el que més en l'estudi. Agrair als altres membres de la Fundació Miquel Agustí, Ana Rivera, Aurora Rull, Joan Simó i Dani Fenero per ajudar-me a realitzar aquest treball i aguantar-me al seu despatx durant hores i hores. També agrair a la Lorena i a l'Albert per haver format part de l'estudi i per fer més amenes les tardes al soterrani. Agrair a Neus Busquets per fer-me de companya al laboratori i ajudar-me quan ho he necessitat. I a Miquel Garcia i Sergi Garcia, per ser els meus companys durant 5 anys, i a la estada de pràctiques, i ajudar-me al assaigs i alegrar-me les tardes mentre realitzava el projecte.



7. Índex de figures

Figura 1. Distribució de la producció de tomàquets entre els diferents continents l'any 2011 (producció total: 161.794.000 tones) (Pàgina 9)

Figura 2. Representació gràfica de la planta de *Solanum lycopersicum* L. (Pàgina 10).

Figura 3. Mapa de la distribució geogràfica de les espècies silvestres emparentades amb el tomàquet (Pàgina 11).

Figura 4. Lesions produïdes per *Alternaria alternata* en els fruits (Pàgina 21).

Figura 5. Lesions provocades als fruits per *Pythium* spp. (Pàgina 22).

Figura 6. Lesions provocades al fruit pel bacteri *Erwinia carotovora* ssp. (Pàgina 23).

Figura 7. Afectacions a la pell creades per *Botrytis* (Pàgina 24).

Figura 8. Miceli blanc originat per *Rhizopus* (Pàgina 25).

Figura 9. Lesió del fruit causada per *Geotrichum* (Pàgina 27).

Figura 10. Lesions causades per *Colleotrichum* spp. (Pàgina 28).

Figura 11. Tomàquet de Penjar, genotip FMA172 (Pàgina 32).

Figura 12. Conservació dels fruits al soterrani de ESAB i recompte dels fruits (Pàgina 36).

Figura 13. Mesures estimades manualment al laboratori (Pàgina 338).

8. Índex de taules

Taula 1. Llista d'altres infeccions que poden afectar el tomàquet durant la postcollita (elaboració pròpia a partir de Snowdon (1990) i Jones et al. (2001)). (Pàgina 28).

Taula 2. Mutacions emprades per allargar la vida postcollita del tomàquet i els seus efectes sobre els fruits (Pàgina 31).

Taula 3. Efecte de l'època de collita sobre la conservació del tomàquet de Penjar. Les dades de conservació (% de fruits conservats respecte als inicials) es presenten pels mesos 3, 4 i 5 de postcollita (Pàgina 41).

Taula 4. Significació de l'ANOVA per la variable conservació dels genotips de la collita d'Agost (Pàgina 42).

Taula 5. Mitjanes per genotip de l'índex de conservació (IC, % de fruits conservats) en cada moment de la postcollita estudiat (1 a 7 mesos). Les dades corresponen a la collita de l'agost. (Pàgina 43).

Taula 6. Taula 6. Grups de significació dels valors de conservació (IC) presentats a la Figura 14 (Pàgina 45).

Taula 7. Significació de l'ANOVA per la variable pèrdua de pes (Pàgina 46).

Taula 8. Mitjana per genotip de la pèrdua de pes (IP, % de pèrdua de pes dels fruits) pels diferents moments de postcollita (Pàgina 47).

Taula 9. Grups de significació dels valors de pèrdua de pes (IC) presentats a la Figura 15 (Pàgina 48).

Taula 10. Significació de l'ANOVA i mínima diferència significativa entre les mitjanes dels genotips pels diferents caràcters morfològics estudiats (Pàgina 49).

Taula 11. Efecte de la tècnica en el mostreig sobre els °Brix (Pàgina 49).



Taula 12. Estudi de correlacions entre les variables morfològiques i químiques del fruit i l'índex de conservació (R: coeficient de Pearson, S: significació, n: número mitjanes genotípiques emprades per calcular els estadístics) (Pàgina 51).

9. Bibliografia

- Casals, J., (2012). Filogènia i variabilitat genètica de les varietats tardicionals de tomàquet (*Solanum lycopersicum* L.), Monserrat/Pera de Girona i Penjar. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Casals, J. et al., (2012). Genetic basis of long shelf life and variability into Penjar tomato. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59:219-229. DOI 10.1007/s10722-011-9677-6.
- Casals, J. et al., (2011). Long-term postharvest aroma evolution of tomatoes with the alcobaça (alc) mutation. *European Food Research and Technology*, 233:331–342. DOI 10.1007/s00217-011-1517-6.
- Conesa, M.À. et al., (2014). The postharvest tomato fruit quality of long shelf-life Mediterranean landraces is substantially influenced by irrigation regimes. *Elsevier: Postharvest Biology and Technology*, 93 (2014) 114–121.
- FAO (Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación). Prevención de pérdidas de alimentos postcosecha: frutas, hortalizas, raíces y tuberculos [en línia]. Roma: 1993. Col·lecció FAO, núm. 17/2. ISBN 92-5 302766-5. [Consulta: 5 d'agost 2014]. Disponible a: <<http://www.fao.org/docrep/t0073s/T0073S00.htm#Contents>>.
- Gorini, F. Guía completa del cultivo del tomate. 1ª edició. Barcelona: De Vecchi, 1999. ISBN 84-315-2320-4.
- Heuvelink, E. *et al.*. Tomatoes. Crop production science in horticulture;13. 1ª edició. Wallingford: CABI Publishing, 2005. ISBN 0851993966.
- Jones, J.B. *et al.*. *Plagas y enfermedades del tomate*. 1ª edició. Madrid: ediciones mundi-Prensa, 2001. ISBN 84-7114-943-5.
- Kader, A.A. *Biología y Tecnología de Postcosecha* (1992). A: Kader, A.A. *Postharvest Technology of Horticultural Crops* [en línia]. Traducció: Clara Pelayo-Zaldivar California: Universitat de California. Actualització: 2005. [Consulta: 18 de setembre 2014]. Disponible a : <<http://www.ecofisiohort.com.ar/wp-content/uploads/2010/04/Biolog%C3%ADa-y-Tecnolog%C3%ADa-de-Postcosecha.pdf>>.
- Kosma, D.K. *et al.*, (2010). Fruit cuticle lipid composition during development in tomato ripening mutants. *Physiologia Plantarum*, 130: 107–117. ISSN 0031-9317.
- Mueller, L. A. et al., (2005). The SOL Genomics Network: a comparative resource for Solanaceae biology and beyond. *Plant physiology*, 138:1310–7.



- Nuez, F. Catálogo de semillas de tomate. 1ª edición. Madrid: Instituto Naional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1996. Col·lecció: MONOGRAFUAS INIA, 95. ISBN 84-7498-456-4.
- Nuez, F. *El cultivo del tomate*. 1ª edición. Barcelona: Grupo Mundi-Prensa, 1995. ISBN 84-7114-549-9.
- Razdan, M.K. *et al.*. Genetic Improvment of Solanaceous Crops. Volume 2: Tomato. New Hampshire: Science Publishers, 2007. ISBN 978-1-57808-179-0.
- Rodríguez, G, *et al.*, 2010. Tomato Analyzer User Manual Version 3 [en línia]. [Consulta: 5 d'octubre 2014]. Disponible a: <http://oardc.osu.edu/vanderknaap/tomato_analyzer.php>.
- Rodriguez Rodriguez, R. *et al.*. *Cultivo moderno del tomate* 2ª edición. Barcelona: Mundi-Prensa, 1989. ISBN 84-7114-146-9.
- Snowdon, A.L. *A colour Atlas of POST-HARVEST. Diseases & Disorders of Fruits & Vegetables*. Volume 1 & 2. Nova York: Cornell Unviersity, Wolfe Scientific Ltd., 1990. ISBN 0723409315
- Suslow, T. V. & Cantwell, M., *Tomate*. Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. Traducció: Clara Pelayo. California: Universitat de California, 1992. [Consulta: 15 de setembre 2014]. Disponible a : <<http://www.funprover.org/formatos/manualTomate/Tomate.pdf>>.